

Aus der Orthopädischen Universitätsklinik der
Freien Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim
Direktor: Professor Dr. G. Friedebold

ERGEBNISSE
VON
SKOLIOSE - OPERATIONEN

Eine kritische Auswertung der Nachuntersuchungen von Skoliose-Patienten,
die in der Orthopädischen Universitätsklinik der Freien Universität Berlin
im Oskar-Helene-Heim in den Jahren 1954 - 1964 operiert wurden

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Christa Beck, geb. Vogel
aus Burg

1969

Aus der Orthopädischen Universitätsklinik der
Freien Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim
Direktor: Professor Dr. G. Friedebold

ERGEBNISSE
VON
SKOLIOSE - OPERATIONEN

Eine kritische Auswertung der Nachuntersuchungen von Skoliose-Patienten,
die in der Orthopädischen Universitätsklinik der Freien Universität Berlin
im Oskar-Helene-Heim in den Jahren 1954 - 1964 operiert wurden



Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Christa Beck, geb. Vogel
aus Burg

Dekan: Professor Dr.med. Herbert Lax

Referent: Professor Dr.med. Günter Friedebold

Korreferent Priv. Doz Dr.med. Fritz Hofmeister



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin.

promoviert am 7.11.1969

Die vorliegende Arbeit entstand auf Anregung und unter der Anleitung von Professor Dr. D.Hohmann in der Orthopädischen Universitätsklinik der Freien Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim.

Herrn Professor Dr. D. H o h m a n n möchte ich für sein Interesse an dieser Arbeit, für zahlreiche Anregungen und für die Bereitstellung der erforderlichen Mittel vielmals danken.

Besonders danken möchte ich auch dem gegenwärtigen Direktor der Orthopädischen Universitätsklinik, Herrn Professor Dr. G. F r i e d e b o l d, unter dessen Anleitung diese Arbeit vollendet wurde.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I N H A L T

	<u>Seite</u>
1.1. Einleitung	7
1.2. Aufgabenstellung	8
2. Historische Entwicklung der Skolioseoperationen	9
3. Das Erscheinungsbild der Skoliosen	13
3.1. Beschreibung der Skoliosen	13
3.2. Untersuchungsmethoden	13
3.3. Einteilung der Skoliosen	17
4. Indikation zur operativen Skoliose- therapie	21
4.1. Alternativen zur Operation	21
4.2. Eigentliche Indikation zur Operation	22
4.3. Operationsalter	23
5. Die operative Skoliosetherapie im Oskar- Helene-Heim	26
5.1. Vorbehandlung	26
5.2. Operationstechnik	29
5.3. Nachbehandlung	29
6. Nachuntersuchungen an operierten Skoliose- patienten	31
6.1. Untersuchungsmaterial und -methode	31
6.2. Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse	34
6.3. Verlaufskurven	43
7. Auswertung der Untersuchungsergebnisse nach verschiedenen Kriterien	47
7.1. Auswertung nach der Ätiologie	48
7.2. Auswertung nach dem Operationsalter	49
7.3. Auswertung nach dem RISSER-Stadium	50
7.4. Auswertung nach dem Schweregrad	51
7.5. Auswertung nach der Höhe der Primär- krümmung	52

	<u>Seite</u>
7.6. Auswertung nach der relativen praeoperativen Korrektur	53
7.7. Auswertung nach der relativen Endkorrektur	54
7.8. Auswertung nach der Spineinheilung	55
8. Diskussion der Untersuchungsergebnisse	56
8.1. Allgemeines	56
8.2. Ausgangsmaterial	56
8.2.1. Ätiologie	56
8.2.2. Alter	57
8.2.3. Hauptkrümmungsgrad vor der Behandlung	58
8.2.4. Höhe der Primärkrümmung	59
8.2.5. Sekundärkrümmung	60
8.3. Vorbehandlung	60
8.3.1. Behandlung mit dem DUCROQUET-Korsett	61
8.3.2. Praeoperative Korrektur	64
8.4. Korrekturverluste	67
8.4.1. Gesamtkorrekturverlust	67
8.4.2. Halteverlust	69
8.4.3. Freier Verlust	70
8.4.4. Spätverlust	71
8.5. Spineinheilung	73
8.5.1. Fistelbildung	73
8.5.2. Resorption	73
8.5.3. Pseudarthrosen (Umbauzonen)	74
8.5.4. Spondylodesebereich	77
8.6. Endkorrektur	81
9. Zusammenfassung	87
10. Literatur	90

Einleitung

Die Skoliose wird als seitliche Verkrümmung der Wirbelsäule definiert, die strukturell, d.h. durch eine Deformierung bedingt und mit einer Torsion der Wirbelsäule verbunden ist. Diese Erkrankung stellt ein bedeutendes Teilgebiet der Orthopädie dar, zumal sie relativ stark verbreitet ist. Nach übereinstimmenden Untersuchungen mehrerer Autoren ^{5,8,36,71)} beträgt die Häufigkeit der Skoliose in der Gesamtbevölkerung etwa 2 %, wobei Mädchen dreimal häufiger erkrankt sind als Knaben. Oftmals handelt es sich nur um leichte Fälle ohne auffallende äußerliche Merkmale. Andererseits existiert aber eine große Anzahl von Patienten mit kosmetisch entstellenden Körperdeformierungen. Bei den schweren Fällen drohen Frühinvalidität und vorzeitiger Tod als Folge von Herz- und Kreislaufbeschwerden, Erkrankungen der Atmungsorgane und Rückenmarkskompression mit neurologischen Ausfallerscheinungen ^{33,41,67)}.

Obwohl zahlreiche Hypothesen über die Pathogenese aufgestellt wurden ⁵³⁾, ist die eigentliche Ursache der Skoliose heute noch unbekannt. Leider gibt es auch keine eindeutigen Kriterien für die Prognose dieser Krankheit. Sie zeigt jedoch häufig eine sehr starke Progredienz, vor allem in den Perioden des stärksten Wirbelsäulenwachstums ^{52,70)}. Während in leichteren Fällen noch konservative Maßnahmen (vornehmlich Krankengymnastik und Redressionsbehandlung) angebracht sind, läßt sich eine progrediente Form damit allein nicht bessern. Bei stärkeren Krümmungen kann nach vorausgegangener passiver Korrektur eine bleibende Korrektur nur durch eine operative Fixation der Wirbelsäule erreicht werden. Derartige Operationen sind jedoch sehr schwierig und aufwendig. Sie fordern vom Operateur eine hochentwickelte Spezialisierung und geschickte Operationstechnik. Aber selbst bei guten Ergebnissen kann durch diese kombinierte Behandlung nur eine Verringerung der Krümmung, jedoch nicht deren völlige Beseitigung erzielt werden.

Aufgabenstellung

Aus der historischen Entwicklung der Skolioseoperationen geht hervor, daß es bisher nicht gelungen ist, eine Standardmethode für diese Behandlung zu entwickeln. In den zahlreichen Veröffentlichungen über dieses Gebiet werden häufig operative Techniken beschrieben, ohne daß das Ergebnis der Behandlung über einen längeren Zeitraum hinweg verfolgt wurde. Oftmals werden die Ergebnisse nur sehr summarisch veröffentlicht. Um zu einer endgültigen Beurteilung der Operationsmethoden zu gelangen, ist die Mitteilung der Operationsresultate auf Grund streng objektiver Spätuntersuchungen eine notwendige Voraussetzung, auf die in der Literatur besonders hingewiesen wird ⁴¹⁾.

Als Beitrag dazu soll in der folgenden Arbeit eine kritische Betrachtung der Ergebnisse erfolgen, die bei Skolioseoperationen in den Jahren 1954 - 1964 in der Orthopädischen Klinik der Freien Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim erzielt wurden. Hierbei sollte vor allem auf eine objektive Beobachtung über eine lange Zeit nach der Operation großer Wert gelegt werden, um Aussagen über die Spätergebnisse machen zu können. Die hier erzielten Resultate sollen dann diskutiert und mit den Ergebnissen anderer Autoren verglichen werden.

Historische Entwicklung der Skolioseoperationen

Die ältesten Skolioseoperationen wurden in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts vorgenommen. Da man glaubte, daß die Aufrichtung der Wirbelsäule durch die Rückenmuskeln verhindert würde, behandelten GUERIN (1838) ²³⁾ u.a. Skoliosen durch Myotomie oder Tenotomie auf der konkaven Seite der Krümmung. Infolge der schlechten Ergebnisse bei Nachuntersuchungen wurde diese Methode aber bald aufgegeben. Erst 1924/25 wurden derartige Operationen von LOEFFLER ⁴²⁾ und GRUCA ²⁰⁾ erneut angewendet. Bis auf die gelegentliche Indikation bei Kinderlähmung haben sich diese Methoden jedoch nicht bewährt.

Ebenso brachte die Transplantation von Muskeln und Fascien von der konkaven auf die konvexe Seite der Krümmung ^{50,66)} keine Erfolge, da die Muskeln nicht in der Lage waren, die bereits fixierte Krümmung zu verändern.

Auch GRUCA (1958) sah die Hauptursache der Skoliose in einem asymmetrischen Muskelzug. Er versuchte daher, diesen Zug durch Einsetzen einer Muskelalloplastik in Form von Spiralfedern zu kompensieren ²¹⁾. Durch zahlreiche Verbesserungen seiner Methode (z.B. Verwendung von Federpaaren, die in der Bogenwurzel im Foramen intervertebrale befestigt werden) und durch die Kombination mit einer Wirbelsäulenversteifung konnte GRUCA in letzter Zeit (1962) gute Resultate erzielen ²²⁾. Problematisch bleibt hierbei jedoch die Wahl der richtigen Federkraft. Außerdem muß abgewartet werden, ob die so erzielten Behandlungsergebnisse über längere Zeit hinweg gehalten werden können.

Zur Beseitigung des Rippenbuckels führte v.VOLKMANN ⁷⁹⁾ die **konvexseitige** Rippenresektion ein, die von zahlreichen anderen Autoren übernommen oder modifiziert wurde. Andererseits sollte die Rippenresektion auf der konkaven Seite (MAAS, 1914) ⁴³⁾ oder die doppelseitige Rippenresektion ^{17,31)} direkt die Aufrichtung der Skoliose bewirken. Alle diese Maß-

nahmen führten jedoch zu einer Funktionsverschlechterung der Wirbelsäule und der Lunge. Lediglich zur Beseitigung von Schmerzzuständen durch verlagerte Rippen ist die Rippenresektion heute noch indiziert. - Ohne Erfolg blieben auch Versuche einer gewaltsamen Spreizung oder Raffung der Rippen mit Draht o.ä., die SAUERBRUCH 1921 einführte ^{17,62)}.

1922 resezierte WITTEK ⁸⁰⁾ die Gelenkfortsätze der Wirbel auf der konvexen Seite und höhlt die Scheitelwirbel aus, um so ein asymmetrisches Wachstum und damit eine Korrektur der Skoliose zu erreichen. Auch die Resektion der Querfortsätze (SCHEDE, 1933) ⁶⁴⁾ oder eines Keiles (ROAF, 1955) ⁶⁰⁾ sollte in dieser Weise wirken. Schließlich wurden sogar ganze Wirbelkörper entfernt, um auf diese Weise eine Verringerung der Krümmung zu erreichen. Abgesehen davon, daß diese Operationen keine guten Resultate erbrachten, stellen sie darüberhinaus umfangreiche und riskante Eingriffe dar, die leicht zu Rückenmarksschäden führen. Letzteres gilt auch für die Wirbelsäulenosteotomie, die in einzelnen Fällen ^{4,29)} zur Behandlung der Skoliosen vornehmlich im Lumbalbereich angewendet wurde. Erst in jüngster Zeit dehnte HODGSON den Eingriff auf den thorakalen Bereich aus, indem er den anterioren Zugangsweg wählte ³⁰⁾. Das vorliegende Material ermöglicht noch keine eindeutige Beurteilung dieser Methode.

Bereits 1886 hatte WILKINS versucht, durch Fixation der Querfortsätze mittels Draht das Wachstum der Wirbelsäule auf der konvexen Seite zu hemmen und das unbehinderte Wachstum der konkaven Seite zur Korrektur auszunutzen. Andere Autoren versuchten durch Seide ²⁴⁾ oder Draht und Metallkrampen ⁴⁹⁾ ganze Wirbelkörper zu verklammern. In neuerer Zeit versuchte man schließlich, durch Spiralfedern die Wirbelkörper unter Spannung miteinander zu verbinden (STRACKER ⁷⁵⁾, 1954; s.a. GRUCA ²¹⁾). Alle derartigen Versuche zur Skoliosenkorrektur durch Beeinflussung des Wachstums mit künstlichem Material oder durch konvexseitige Knochenspanimplantation ^{40,44)} sind bisher mißlungen. Der Wachs-

tumsdruck der Wirbelsäule ist so stark, daß es entweder zur Deformierung des körperfremden Materials oder der Knochen kommt.

Erfolglos blieben auch die Versuche von WITTEK⁸⁰⁾ und anderen Autoren, mit der Zerstörung der konvexseitigen knorpeligen Epiphysenplatten ein einseitiges Wachstum der Wirbelsäule und somit eine autogene Korrektur der Skoliosen zu erzielen. In jüngster Zeit wurde diese Methode noch mit einer partiellen Bandscheibenausräumung und Wirbelkörperresektion verbunden (ROAF⁶¹⁾), ohne daß damit überzeugende Resultate erzielt werden konnten.

Dagegen gelang durch Einsetzen von Spreizklammern zwischen die Querfortsätze der konkaven Seite^{3,44)} eine Skoliosekorrektur, die durch Kombination mit einer Wirbelsäulenversteifung zu einer Stabilisierung der Krümmung führte. Ähnlich wirkte auch der von HARRINGTON²⁵⁾ 1962 eingeführte Schraubenstab, der an den Wirbelbögen befestigt wird und noch eine nachträgliche Extension erlaubt. Die bisher bekanntgewordenen Ergebnisse dieser kombinierten Behandlungen, die von vielen anderen übernommen wurde⁶⁷⁾, sind durchaus als Erfolg anzusehen. Allerdings müßten noch Spätergebnisse abgewartet werden, bevor diese Behandlung endgültig bewertet werden kann.

Die am stärksten verbreitete Operationstechnik besteht in einer Versteifung der Wirbelsäule (Spondylodese). Diese Methode führte HIBBS²⁷⁾ 1910 ein, wobei er die Dornfortsätze an der Basis osteotomierte und mit dem hinteren Wirbelbogen des nächsten Wirbelkörpers verband. Auch FORBES¹⁵⁾ und GALLOWAY¹⁸⁾ hatten Anteil an der Entwicklung dieser Versteifungsmethode. Seit 1914 verwendete HIBBS zur Fusion der Wirbel Knochenspäne, die er aus den Laminae und den Dornfortsätzen gewonnen hatte. Ein zusätzlicher Versteifungseffekt wurde durch die Entknorpelung der kleinen Wirbelgelenke erzielt (FARREL¹³⁾, 1914).

Etwa zur gleichen Zeit (1911) führte ALBEE eine ähnliche

Versteifungsoperation ein ²⁾. Er spaltete die Dornfortsätze und verband den Spalt über mehrere Wirbel mit eingelegten Kortikalisspänen. HENLE (1911) wandelte diese Methode ab, indem er die Knochenspäne seitlich neben die Dornfortsätze einsetzte ²⁶⁾.

Seither sind diese Spondylodesen von einer Vielzahl von Autoren angewendet und teilweise auch abgewandelt worden. (Übersicht: s. ^{41,67)}). Die Variationen betreffen vor allem das zur Fusion verwendete Knochenmaterial. Neben Kompaktaspänen aus der Tibia werden auch solche aus der Fibula verwendet. Die Benutzung besonders dünner Späne (z.B. ERTL-Periost-Knochen-Span) ermöglicht einen besseren Kontakt mit den Wirbeln ⁶⁵⁾. Zum besseren Verbinden der Knochen wird teilweise Spongiosa eingelegt. Dabei kommen neben autogenem auch tiefgefrorenes homogenes Knochenmaterial oder tiefgefrorene Kalbsknochen ("Kieler Span") als Transplantat zur Anwendung. Alle derartigen Spondylodesen lassen sich jedoch auf zwei prinzipielle Methoden zurückführen:

- a) die intra- bzw. paraspinöse Versteifung nach ALBEE und
- b) die interartikuläre Versteifung nach HIBBS.

Beide Techniken erfordern eine ausgedehnte Periostablösung von den Wirbelteilen. Dabei ist es von Bedeutung, daß die Durchblutung nicht beeinträchtigt wird, damit eine schnelle und ausgiebige Knochenbildung möglich ist.

Die zahlreichen Veröffentlichungen mit positiven Ergebnissen weisen darauf hin, daß die Spondylodese nach vorausgegangener Aufrichtung durch konservative Maßnahmen für die Behandlung der Skoliosen heute als Methode der Wahl anzusehen ist.

Das Erscheinungsbild der Skoliosen

Beschreibung der Skoliosen

Die Skoliose ist an einer Fixation der seitlichen Hauptkrümmung zu erkennen, die durch eine Deformierung der Wirbelkörper bedingt ist. Gleichzeitig mit dieser Krümmung kommt es noch zu einer Konvextorsion der ganzen Wirbelsäule. Diese bewirkt, daß die Spitzen der Dornfortsätze eine geringere Krümmung aufweisen als die Wirbelsäule selbst. Die Wirbel in den Kurvenscheitelpunkten sind keilförmig verändert und als Folge einer Rotation der Wirbelsäule gedreht. Diese Veränderungen der Wirbelsäule beeinflussen sekundär alle mit ihr verbundenen Teile. Als Folge der Torsion kommt es am Thorax zur Ausbildung eines konvexseitig gelegenen Rippenbuckels, der sich in kosmetischer Hinsicht besonders stark zeigt, während die Gegenseite kompensatorisch stark abgeflacht ist. Die Muskulatur des Rumpfes wird schwer geschädigt und nimmt einen ausgesprochen asymmetrischen Charakter an. Da der Thorax nach der konvexen Seite der Krümmung versetzt wird, kommt es zum Auftreten eines Überhanges. Oftmals senkt sich der Brustkorb so weit, daß die Rippen auf den Beckenknochen aufsitzen. Auch der Schultergürtel nimmt ein schiefes Aussehen an: Die konkavseitige Schulter senkt sich ab. Insgesamt kommt es durch die Krümmungen zu einem beträchtlichen Größenverlust des Rumpfes, während die Extremitäten ihre normale Länge erreichen.

Untersuchungsmethoden

Sowohl zur Auswahl der richtigen Skoliosenbehandlung - und dabei vor allem für die Prognose der Erkrankung - als auch zum Vergleich der Behandlungsergebnisse benötigt man übereinstimmende Untersuchungsmethoden. Diese Forderung wird nur dann wirklich erfüllt, wenn bei der Untersuchung subjektive Befunde weitgehend ausgeschaltet werden können.

Die klinische Untersuchung der Skoliosepatienten gibt be-

reits wesentliche Aufschlüsse über die Erkrankung, die sich zumeist in Haltungsanomalien äußert. Diese sind besonders deutlich an einer Asymmetrie der Taillendreiecke zu erkennen, die durch die Torsion der Wirbelsäule verursacht wird. Einen direkten Hinweis auf Sitz und Art der Krümmung gibt der Verlauf der Dornfortsatzlinie, die jedoch keinen direkten Schluß auf die Schwere der Krümmung zuläßt (s.o.). Weiterhin ist bei der Untersuchung auf das Vorhandensein eines Rippenbuckels und eines Lendenwulstes zu achten. Leichte Formen des Thoraxüberhanges sind als Abweichungen der letzten Halswirbeldornfortsätze von der lotgerechten Verlängerung der Rima ani zu erkennen. Skoliosen im Bereich der Thorakalwirbel führen gewöhnlich auch zu einer asymmetrischen Stellung der Schulterblätter.

Die meisten Befunde dieser Untersuchung lassen sich jedoch nicht in objektive Meßdaten fassen. Lediglich bei der Messung der Atemkapazität, die durch schwere Skoliosen beeinträchtigt wird, ist das möglich.

Für die individuelle Verlaufsbetrachtung des einzelnen Skoliosepatienten eignen sich besonders gut Fotografien (möglichst von vorn, von hinten, von beiden Seiten und in gebückter Haltung). Um Projektionsfehler beim Vergleich von Aufnahmen zu verschiedenen Zeiten zu vermeiden, ist auf gleiche Bedingungen zu achten (Abstand, Höhe, Winkel). Dennoch ist es auch auf diesem Wege nicht möglich, die geschilderten Befunde in objektive Angaben zu fassen.

Die einzige Methode, die das ermöglicht, ist die Aufnahme und Auswertung von Röntgenbildern, die dadurch für die Untersuchung von Skoliosen unentbehrlich sind. Auch hier ist es erforderlich, gleiche Aufnahmebedingungen einzuhalten. Dazu sind möglichst Ganzaufnahmen anzufertigen, die vom Beckenkamm bis hinauf zu den obersten Halswirbeln reichen. Aufnahmen im Liegen zeigen zwar keinen funktionellen Befund, erlauben jedoch schon klare Aussagen über die Progredienz. Von größter Bedeutung ist jedoch die anterior-posteriore Ganzaufnahme der Wirbelsäule im Stehen in gewohnter Haltung.

Teilweise werden auch noch Röntgenaufnahmen von der Seite angefertigt. Sie sind aber für die Beurteilung einer Skoliose nur selten notwendig.

Zur Auswertung der Röntgenaufnahmen ist zunächst die Lage des jeweiligen Krümmungsbereiches, der von den Neutralwirbeln begrenzt wird, festzustellen. Als Neutralwirbel bezeichnet man die beiden am meisten geneigten und nicht rotierten Wirbelkörper am oberen und unteren Ende der Krümmung. Bei zusammengesetzten Krümmungen wählt man den Wirbel im Wendepunkt zwischen der konkaven und der konvexen Krümmung als Neutralwirbel. Außerdem ist auch der Wirbel am Scheitelpunkt der Krümmung (Scheitelwirbel) zu ermitteln. Als Torsionszeichen ist die Asymmetrie der Querfortsätze anzusehen. Ferner ist auf die Existenz kongenitaler Mißbildungen zu achten, da sie Hinweise auf die Ätiologie der Skoliose geben können.

Um objektive Zahlenangaben für den Vergleich der skoliotischen Krümmungen zu erhalten, werden die Röntgenbilder ausgemessen. Dazu haben sich zwei unterschiedliche Methoden durchgesetzt (s. Abb. 1):

- a) Bei der Methode nach FERGUSON ¹⁴⁾ werden die Mittelpunkte der begrenzenden Neutralwirbel mit dem Mittelpunkt des zugehörigen Scheitelwirbels verbunden. Der Komplementärwinkel zu dem Winkel zwischen den beiden Verbindungslinien gibt die Krümmung der Wirbelsäule an. Als Dimension wird sie mit " $^{\circ}F$ " bezeichnet.
- b) Bei der Methode nach COBB ¹⁰⁾ -LIPPMANN wird je eine Linie über die Deckplatten der Neutralwirbel, die dem Scheitelpunkt der Krümmung abgewandt sind, gezogen. Auf jede der Linien wird das Lot gefällt. Der Winkel zwischen diesen beiden Senkrechten wird als Maß für die Krümmung verwendet und mit " $^{\circ}C$ " bezeichnet.

Nach beiden Methoden ist der gemessene Winkel proportional zur Krümmung der Wirbelsäule. Die nach COBB gemessenen Winkel steigen jedoch rascher an als die nach FERGUSON gemessenen. Da die Differenz zwischen beiden Werten etwa bis zu 35 %



Abb. 1: Ausmessung der Röntgenaufnahmen

a) nach der Methode von FERGUSON¹⁴⁾

b) nach der Methode von COBB¹⁰⁾

betragen kann, ist es sehr wichtig, die jeweilige Meßmethode anzugeben. Keine der beiden Methoden zeigt sich der anderen völlig überlegen ⁵⁵⁾. In hyperbolischen Kurven bei sehr schweren Skoliosen entspricht der nach COBB gemessene Winkel besser dem Krümmungsausmaß ⁴⁷⁾. Andererseits ist die Methode nach FERGUSON für kleinere Krümmungen wesentlich exakter. Außerdem läßt sich bei schlecht ausgebildeten Wirbeln der Mittelpunkt viel sicherer bestimmen als die Deckplattenebene. Bei einfachen Krümmungen versagt die COBB-Methode völlig, da die Deckplatten der Neutralwirbel praktisch parallel zueinander stehen. Daher wurden alle Messungen in dieser Arbeit nach der Methode von FERGUSON vorgenommen.

Es ist jedoch hervorzuheben, daß mit keiner Methode absolute Maße zu erreichen sind, zumal die Röntgenbilder nur eine Projektion der Kurve wiedergeben. In Wirklichkeit verläuft diese Kurve als Folge der Rotation und Torsion jedoch dreidimensional.

Außerdem entwickelte COBB auch noch Methoden zur Ausmessung der Keilform und der Rotation der Wirbelkörper ¹⁰⁾. Dieses Verfahren hat sich jedoch nicht durchsetzen können.

Einteilung der Skoliosen

Zur Charakterisierung der Skoliosen muß man zunächst zwischen einfachen (C-förmigen) und zusammengesetzten (S-förmigen) Biegungen unterscheiden. Die C-förmigen Biegungen stellen oft das Anfangsstadium einer Skoliose dar, führen jedoch selten zu einer einfachen Totalskoliose. Meistens entwickeln die einseitigen Formen bald eine Gegenkrümmung, so daß sie damit in eine S-förmige Skoliose übergehen. Die Unterscheidung zwischen Haupt- oder Primärkrümmung und sekundärer Gegenkrümmung ist nicht immer leicht zu treffen. Letztere ist üblicherweise nicht so stark und umfaßt auch weniger Wirbel, während die Primärkrümmung meist stärker fixiert ist. Die zusammengesetzten Biegungen sind weit häufiger als einfache.

Außer den S-förmigen Kurven enthalten sie oftmals noch zusätzliche leichtere Krümmungen, so daß es zu einer vier- oder fünffachen Verbiegung der Wirbelsäule kommt.

Bereits frühzeitig hatte SCHULTHESS ⁶⁹⁾ die Höhe der Hauptkrümmung als Einteilungskriterium eingeführt. Erst durch die Röntgenaufnahmen wurde eine exakte Einordnung möglich. Heute unterscheidet man entsprechend den Vorschlägen von PONSETI und FRIEDMANN ⁵¹⁾ fünf Gruppen nach der Höhe des Krümmungsscheitels:

- a) L u m b a l e Skoliosen: Der Krümmungsscheitel liegt meist bei L 2/3, wobei es häufig noch zu einer leichten thorakalen Gegenkrümmung kommt. In kosmetischer Hinsicht sind diese Verbiegungen meist nicht sehr auffällig, doch führen sie in späteren Jahren oft zu Kreuzschmerzen. Signifikante Unterschiede in der Häufigkeit der rechts- und linkskonvexen Krümmungen existieren nicht.
- b) T h o r a k o l u m b a l e Skoliosen: Der Scheitelwirbel liegt in der Regel bei Th 11/12. Sie ist besonders häufig bei einseitigen Skoliosen und führt meist zu einem starken Überhang mit herabhängender konkavseitiger Schulter. Fälle mit rechtskonvexer Hauptkrümmung treten häufiger auf als solche mit linkskonvexer.
- c) T h o r a k a l e Skoliosen: Der Krümmungsscheitel befindet sich meist bei Th 8-10. Infolge der stärkeren Torsion in diesem Bereich sind die Dornfortsatzspitzen meist nur schwach delokalisiert, während der Thorax sehr stark deformiert wird. In schweren Fällen kommt es zu einem deutlichen Überhang. Auffallend ist das starke Überwiegen der rechtskonvexen Verbiegungen (etwa 90 %). Unter den frühkindlichen Skoliosen ist dagegen die Zahl der linkskonvexen Krümmungen größer.
- d) Z e r v i k o t h o r a k a l e Skoliosen: Der Scheitelwirbel liegt bei Th 2-4. Die Krümmungen in diesem Bereich betreffen nur einen geringen Anteil aller Skoliosen (unter 5 %), führen jedoch meist zu starker Torsion mit Aus-

wirkungen auf Kopfhaltung, Schulter- und Nackenpartie.
Die Anzahl der linkskonvexen Fälle überwiegt.

- e) K o m b i n i e r t e thorakale und lumbale Skoliosen:
Die Scheitelhöhe der thorakalen Krümmung liegt bei Th 6-8, die der lumbalen bei L 1/2, wobei die thorakale Krümmung zu etwa 90 % rechtskonvex ist. Die Abgrenzung dieser Form gegen die Thorakalskoliose ist oft sehr schwierig. Kompensierte Krümmungen mit guter Gleichgewichtsverteilung besitzen meist eine günstige Prognose. In kosmetischer Hinsicht fällt ein kammartiger Rippenbuckel auf.

Es muß jedoch erwähnt werden, daß die Angaben über die Häufigkeit der einzelnen Formen in der Literatur starken Schwankungen unterliegen. Außerdem können sich Details bei der Betrachtung spezieller Skoliosen beträchtlich ändern, da diese Einteilung vorwiegend durch den großen Anteil der idiopathischen Skoliosen geprägt ist (s.u.).

Eine weitere Einteilung der Skoliosen kann nach der Stärke der Verbiegung erfolgen. Auf Grund klinischer Untersuchungen gelangte SCHULTHESS ⁷⁰⁾ so zur Aufteilung in vier Schweregrade, die sich allerdings nicht sehr exakt gegeneinander abgrenzen ließen. Erst durch die Messung des Krümmungswinkels im Röntgenbild lassen sich diese Schwierigkeiten ausschalten. Umgekehrt brauchen sich aber die röntgenografisch erhaltenen Einteilungen nicht mit dem klinischen Bild zu decken. Auf der Basis von Röntgenbilder, die nach der Methode von FERGUSON ausgemessen wurden, unterteilten PONSETI und FRIEDMANN ⁴⁸⁾ die Skoliosen in vier Gruppen:

- a) Krümmungswinkel bis 39° F: leichte Skoliosen
- b) " " 40 bis 59° F: mäßige Skoliosen
- c) " " 60 bis 79° F: schwere Skoliosen
- d) " " über 79° F: sehr schwere Skoliosen.

Später führte JAMES ³⁴⁾ eine ähnliche Einteilung durch, wobei er die Krümmungsmessung nach COBB zugrunde legte.

Weiterhin versuchte JAMES bei den idiopathischen Skoliosen noch das Alter beim Auftreten der Erkrankung als Einteilungs-

kriterium einzuführen. Er unterteilte in infantile, juvenile und adoleszente Skoliosen. Diese Einteilung ist jedoch sehr problematisch, da der Zeitpunkt der Entstehung sich meist nicht genau festlegen läßt, weil er oftmals nicht mit dem der Entdeckung übereinstimmt.

Als zweckmäßig erwies sich die Einteilung nach den verschiedenen Grundkrankheiten, die als Ursache bzw. Teilursache anzusehen sind. Auf dieser Basis definierte JENTSCHURA ³⁷⁾ neun verschiedene Arten der Skoliose, von denen vor allem kongenitale Mißbildungen, Poliomyelitis, Neurofibromatose und Arachnodaktylie von Bedeutung sind.

In jüngster Zeit hat sich die Einteilung von COBB ¹⁰⁾ durchgesetzt, bei der das primär geschädigte Organmaterial, das zum Auftreten der Krümmungen führt, als Grundlage benutzt wird:

- a) Osteopathische Skoliosen (z.B. bei Mißbildungen)
- b) Neuropathische Skoliosen (z.B. bei Poliomyelitis)
- c) Myopathische Skoliosen (z.B. bei Muskeldystrophie)
- d) Idiopathische Skoliosen.

Als fünfte Gruppe zählte SCHEIER ⁶⁷⁾ dazu noch die fibropathischen Skoliosen (z.B. bei Arachnodaktylie). Mit dieser Einteilung lassen sich viele Eigenarten der Krümmungen und auch deren Prognose besser beschreiben. Da andererseits aber 90 % aller Skoliosen zu den idiopathischen gezählt werden müssen ¹⁰⁾, offenbart auch diese Einteilung die vorerst geringen Kenntnisse über die Entstehungsbedingungen dieser Erkrankung.

Indikation zur operativen Skoliosetherapie

Alternativen zur Operation

Da die Skolioseoperation einen beachtlichen Eingriff darstellt, ist es wichtig, die Notwendigkeit einer solchen Operation genau abzuwägen und - wenn möglich - lieber auf konservative Maßnahmen zurückzugreifen. Diese Alternative ist jedoch nur für leichtere Fälle wirklich gegeben.

Die einfachste Form der Behandlung besteht in der Krankengymnastik und Gipsbettlagerung. Ihr therapeutischer Wert ist heute sehr umstritten. So kam die Untersuchungskommission der amerikanischen Orthopädegesellschaft zu dem Ergebnis, daß die Krankengymnastik eine Skoliose weder heilen noch ihre Progredienz aufhalten kann ⁵⁴⁾. Ihre alleinige Anwendung ist also auf funktionelle und nur die leichtesten Fälle der strukturellen Skoliosen beschränkt.

Demgegenüber bieten redressierende Korsette sehr wohl eine Möglichkeit, die skoliotischen Verbiegungen zu verringern oder deren Progredienz aufzuhalten. Voraussetzung dazu ist jedoch, daß diese Behandlung frühzeitig und intensiv genug einsetzt. Im Prinzip laufen alle derartigen Maßnahmen darauf hinaus, daß die Hauptursache für die Zunahme der Krümmung, die Schwerkraft, durch mechanische Beeinflussung von der Wirbelsäule ferngehalten wird. Zusätzlich wird durch die Anwendung eines äußeren Druckes auf das Skelett eine Korrektur der bereits vorhandenen Krümmungen erzielt. Je nachdem ob dieser Druck ganz allmählich durch fortgesetzte Nachregulierung im Korsett oder aber durch Anlagen eines Gipskorsetts nach vorausgegangener Korrektur in einem anderen Gestell erfolgt, unterscheidet man dabei Quengelgipse oder Etappengipse. Zur ersten Gruppe zählt man den Umbiegequengelgips ²⁸⁾ und den Extensionsquengelgips ^{12,73)}, sowie ferner das Milwaukeekorsett ⁶⁾, das nur aus Leder und Metall besteht. Zu den Etappengipsen gehören der sog. "Localizer-Cast" ⁵⁷⁾, der ABBOTT-Gips ¹⁾ sowie dessen Weiterentwicklung durch COTREL:

"Plâtre E.D.F." (Extension-Derotation-Flexion) ¹¹⁾.

Obwohl einige Autoren (STAGNARA, COTREL) von sehr guten Ergebnissen berichten, die lediglich durch diese konservativen Maßnahmen erzielt werden konnten, wird deren alleinige Anwendung nicht durchweg gutgeheißen. Vor allem in den USA wird die ausschließliche Behandlung mit diesen Methoden von vielen Seiten abgelehnt. Die Einwände richten sich zum einen gegen die lange Behandlungsdauer, während der die Kinder Tag und Nacht mit dem Korsett belastet und z.T. sogar hospitalisiert sind. Abgesehen von der Gefahr einer organischen Schädigung führt das vor allem zu größeren Rückständen in der schulischen Ausbildung und zu psychischen Belastungen. Außerdem hat sich immer wieder gezeigt, daß die durch Redression erzielten Korrekturen später nicht gehalten werden konnten.

Das Hauptanwendungsgebiet der redressierenden Maßnahmen liegt heute in der Überbrückung des Zeitraums bis zu einer erfolgversprechenden Operation und in der kombinierten Behandlung mit einer Versteifungsoperation, bei der durch Extension eine optimale Korrektur erreicht wird, die anschließend fixiert wird.

Eigentliche Indikation zur Operation

Wird eine Skoliose progredient, so kann nur noch eine Operation Abhilfe schaffen. Leider gibt es bisher keine eindeutigen Kriterien zur Erstellung einer sicheren Prognose. Lediglich eine ständige Verlaufsbetrachtung jedes einzelnen Falles ermöglicht es, eine individuelle Prognose aufzustellen. Als Regel kann jedoch gelten, daß die Progredienz um so mehr steigt, je stärker die Krümmung ist, je früher sie auftritt und je dichter der Scheitelwirbel bei Th 8/9 liegt ⁶⁷⁾. Aus zahlreichen Arbeiten ^{34,71)} geht hervor, daß eine Krümmung von 20 - 30° F oder mehr als 30° C mit größter Wahrscheinlichkeit weiter zunimmt. Hat eine derartige Krümmung dann 30 - 45° F bzw. 50 - 60° C erreicht, so ist eine Spondylodese

dringend erforderlich. Allerdings sind für diese Entscheidung auch noch weitere Gesichtspunkte zu berücksichtigen (u.a. Deformierung des Thorax, Ausmaß der Torsion sowie Größe, Alter und Allgemeinzustand des Patienten). Danach zeigt sich, daß etwa 10 % aller Skoliosen einer Operation bedürfen ^{34,51,71}). Selbst wenn durch die Anwendung redressierender Maßnahmen eine Verringerung der Krümmung unter den genannten Wert erreicht wurde, ist zur Aufrechterhaltung dieser Korrektur eine Versteifungsoperation notwendig. In Anbetracht der bereits geschilderten ungünstigen Begleiterscheinungen bei langdauernder Redression sollte auch die Befreiung vom Korsett eine Operation indizieren.

Operationsalter

Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, daß die Zeiten der Progredienz einer Skoliose recht genau mit denen des Wirbelsäulenwachstums zusammenfallen ^{52,70}). Dies wird besonders deutlich in der pubertären Wachstumsphase, die bei Jungen etwa vom 12. - 17. und bei Mädchen vom 10. - 15. Lebensjahr reicht. Parallel dazu erfolgt im gleichen Zeitraum eine besonders starke Zunahme der skoliotischen Krümmungen, deren Maximum nach SCHEDE ⁶⁵) etwa zwischen dem 13. und 14. Lebensjahr liegt. Die Ursache für die individuellen Schwankungen dieses Zeitraums liegt in der Differenz zwischen dem jeweiligen Lebensalter und dem eigentlichen Skelettalter. Als wichtiges Merkmal zur Beurteilung der Wachstumspotenzen erkannte RISSER ⁵⁶) die Entwicklung der Darmbeinkammapophyse ("RISSER-Zeichen"), die er in vier Stadien unterteilte:

- I. Die Apophyse ist noch nicht sichtbar,
- II. sie beginnt sich am lateralen Rand des Darmbeines zu entwickeln,
- III. sie erstreckt sich über die Hälfte des Darmbeinkammes,
- IV. sie ist voll ausgeprägt und zeigt beginnende Ossifikation.

An Hand zahlreicher Fälle konnte gezeigt werden, daß die Progredienz mit dem Auftreten der Apophyse sich ihrem Ende nähert. Ist die Apophyse voll entwickelt, so findet kein Wachstum der Wirbelsäule und auch keine Zunahme der skoliotischen Krümmung mehr statt (abgesehen von wenigen Ausnahmen bei Poliomyelitis und Neurofibromatose). Danach kommt es höchstens noch zu einer Verschlechterung durch Abnutzung der Bandscheiben und andere degenerative Veränderungen, besonders in der Gravidität und im Klimakterium.

Um die Verschlimmerung einer Krümmung vorher aufzufangen, müßte also möglichst frühzeitig operiert werden, zumal eine Korrektur bei jungen Patienten leichter möglich ist. Dem steht jedoch entgegen, daß im Versteifungsbezirk das Wachstum der Wirbelsäule um so mehr gehemmt oder gar völlig unterdrückt wird, je massiver die Spondylodese ist. Der Wachstumsdruck äußert sich dann entweder in einer Durchbiegung der Versteifung nach hinten, die somit zu einer Lordosierung der Wirbelsäule führt, oder in einer gewaltsamen Sprengung der Knochenbrücke und damit in einer Pseudarthrose. Außerdem müßte der Versteifungsbezirk wesentlich größer gewählt werden, da sich bei Frühoperationen die Hauptkrümmung als Folge des späteren Wachstumsschubes weiter ausdehnen oder gar verlagern kann. Das aber würde die oben geschilderten Wachstumsbehinderungen zusätzlich verstärken. Alle diese Erscheinungen würden somit den Erfolg der Versteifungsoperation rückgängig machen.

Der Operateur steht hier in einer Zwangslage, für die es keine Patentlösung gibt. Es muß vielmehr für jeden einzelnen Fall eine individuelle Entscheidung getroffen werden. Amerikanische Autoren ⁴⁶⁾ hatten sich lange Zeit für ein relativ frühes Operationsalter entschieden. RISSER ⁵⁷⁾ operierte sogar schon Kinder im Alter von eineinhalb Jahren. In letzter Zeit haben sich diese Ansichten aber doch sehr gewandelt ⁴⁸⁾, so daß nunmehr die Tendenz besteht, das durchschnittliche Operationsalter hinter das Stadium der größten Progredienz zu legen. Es hat sich jedenfalls als zweckmäßig erwiesen,

Operationen vor dem 10. Lebensjahr bei Mädchen bzw. vor dem 12. Lebensjahr bei Jungen zu vermeiden. Tritt vor diesem Zeitpunkt eine Progredienz auf, so wird man versuchen, durch konservative Maßnahmen den Operationstermin hinauszuschieben. In Ausnahmefällen (z.B. bei frühzeitig starker Progredienz oder bei Neurofibromatose) ist jedoch das frühe Operationsalter keine Kontraindikation.

Die operative Skoliosetherapie im Oskar-Helene-Heim

Im Oskar-Helene-Heim wurde 1954 die erste Versteifungsoperation nach der Methode von ALBEE - HENLE²⁶⁾ vorgenommen. In den darauffolgenden Jahren wurde diese Methode weiter ausgebaut. Die hier beschriebene Therapie ist eine kombinierte Behandlung. Sie umfaßt eine Vorbehandlung mit konservativen Maßnahmen, die eigentliche Versteifungsoperation und eine längere Nachbehandlung. Dieses Verfahren wurde hier in den Jahren 1954 - 1967 angewendet.

Vorbehandlung

Die früher vorausgegangene allgemeine Behandlung der Skoliosepatienten war sehr unterschiedlich. Viele waren vorher überhaupt nicht behandelt worden. In der Mehrzahl der Fälle bestand die Therapie lediglich in der Anwendung von krankengymnastischen Übungen und der Gipsbettlagerung. In einzelnen Fällen trugen die Patienten zwar auch schon Drellmieder, jedoch war in keinem Fall vorher eine ausreichende Behandlung mit wirklich intensiven redressierenden Maßnahmen erfolgt. Da außerdem das Durchschnittsalter aller Patienten 15,2 Jahre betrug, diese also überwiegend schon die Phase der größten Progredienz durchgemacht hatten, waren die Krümmungen bereits relativ stark fixiert.

Die Auswahl der für eine Spondylodese vorgesehenen Patienten erfolgte nach den oben geschilderten Indikationen. In der Mehrzahl der Fälle war die starke Progredienz ausschlaggebend.

Nach der Aufnahme in die Klinik wurden die Patienten zunächst durch Massagen und verstärkte Krankengymnastik behandelt. Hierbei stand die Kräftigung der Muskeln, vor allem der Rückenmuskeln, im Vordergrund, da Skoliosepatienten fast stets eine schlaffe Haltung aufweisen, die durch die lange prae- und postoperative Funktionslosigkeit meist eine weitere Schwächung erleidet. Außerdem sollte durch Lockerungsübungen sowie

durch Beugeübungen gegen die skoliotische Krümmung eine Steigerung der maximalen aktiven Korrektur erreicht werden. Zur Unterstützung dieser Wirkungen wurde dann noch das Extensionskorsett nach DUCROQUET ⁷⁷⁾ hinzugenommen, das schon direkt auf eine Aufrichtung der Skoliose abzielt. Das hier verwendete Modell besteht aus einem Beckenring, der aus Gips anmodelliert wird. An beiden Hüften ist ein abnehmbarer Extensionsrahmen angebracht. Über einen Rollenzug an diesem Rahmen wird eine Ledermanschette, die Hinterkopf und Unterkiefer umfaßt, hochgezogen. Der Rollenzug wird vom Patienten selbst mit den Händen bedient. Er gestattet dadurch eine Dosierung, die bei möglichst weitgehender Extension unterhalb der Schmerzgrenze bleibt. Die so erzielte Größenzunahme (bis zu 10 cm!) wurde laufend gemessen. Zum Schlafen konnte der Extensionsrahmen abgenommen werden, so daß die Behinderung der Patienten wesentlich gemildert wurde. Je nach der Rigidität der Wirbelsäule und der Übungsinintensität des Patienten wurde diese Behandlung 2-8 Wochen durchgeführt. Ältere Patienten, bei denen das Wirbelsäulenwachstum bereits abgeschlossen war, erhielten das Korsett nicht, da bei ihnen keine wesentliche Auflockerung und Extension der Wirbelsäule mehr zu erwarten war.

Während des gesamten Zeitraumes dieser Vorbehandlungen wurden zusätzlich noch intensive Atmungsübungen gemacht. Sie sind besonders wichtig, da die skoliotisch bedingte Thoraxdeformierung eine respiratorische Insuffizienz verursacht. Hierbei wird jedoch die Totalkapazität weniger beeinträchtigt als die Vitalkapazität ⁶⁷⁾. Die Patienten müssen gegen einen gewissen Widerstand atmen und neigen daher zu einer flacheren Atmung mit höherer Frequenz. Diese Nachteile sollten durch die Atmungsübungen korrigiert werden, wobei die Kombination mit dem DUCROQUET'schen Korsett besonders vorteilhaft war, da es - im Gegensatz zu den Gipskorsetten - die Atmungsfunktion nicht beeinträchtigte.

Nach diesen Vorbereitungen erfolgte die eigentliche Korrektur der skoliotischen Krümmungen durch redressierende Gips-

korsette. In den ersten Jahren wurde dazu hauptsächlich der von RISSER ²⁸⁾ beschriebene Umkrümmungsquengelgips eingesetzt. Beim stehenden Patienten wurde unter leichter Extension ein gut gepolstertes Gipskorsett, das auch den Kopf (Kinn und Hinterkopf) und den konkavseitigen Oberschenkel mit umfaßt, anmodelliert. Später wird dieser Gips in Höhe des Scheitelpunktes der Primärkrümmung ringsum eingeschnitten. Auf der konvexen Seite der Krümmung wird ein Scharnier, auf der konkaven eine gegenläufige Schraube einmontiert. Mit Hilfe dieser Schraube wurde dann täglich eine geringe Aufbiegung der skoliotischen Krümmung bewirkt. Dieses allmähliche Aufquengeln durfte allerdings nicht zu weit getrieben werden, da sonst die Gegenkrümmungen verstärkt würden. Um dieser Gefahr zu begegnen und um zusätzlich auch die Sekundärkrümmungen aufzurichten, wurde in mehreren Fällen nach dem Aufquengeln der lumbalen Primärkrümmung der Gips in Brusthöhe nochmals ringsum durchgeschnitten. Auch hier wurde ein Scharnier eingesetzt, und mit Hilfe einer gegenläufigen Schraube, die am nachträglich eingegipsten Arm angriff, wurde dann die Sekundärkrümmung korrigiert.

In den letzten Jahren erfolgte die praeoperative Korrektur mit dem Localizer-Gips nach RISSER ^{57,58)}. Zu seiner Anbringung wird der Patient in einem Spezialgestell zunächst mit einem Beckenkorb versehen, der dann eine kräftige Extension der Wirbelsäule mit gleichzeitiger Korrektur der Beckenstellung ermöglicht. Außerdem wird noch durch eine Gipspelotte in gezielter Weise ein dorsolateraler Druck auf den Thorax ausgeübt, der zu einer Korrektur des Rippenbuckels führt. Diese korrigierte Haltung wird durch einen Gips fixiert, der vom Beckengürtel bis zum Kieferwinkel reicht, wobei der Hinterkopf auch noch vom Gips unterstützt wird. Bei diesem Localizer-Verfahren handelt es sich um einen Etappengips, bei dem keine Nachregulierung möglich ist. Eine Nachkorrektur kann nur durch erneute Extension im Localizer mit Anfertigung eines neuen Gipses erfolgen. Im Oskar-Helene-Heim wurden die Patienten üblicherweise zweimal nach dieser Methode behandelt.

Die Dauer der Redressionsbehandlung war nicht einheitlich. Bei den Quengelgipsen hing sie stark von der jeweils erreichten Korrektur ab. In der Mehrzahl der Fälle betrug der Zeitraum 4 - 6 Wochen.

Operationstechnik

Auf Grund einer Röntgenaufnahme des stehenden Patienten im Redressionsgips wurde zunächst das Versteifungsgebiet festgelegt. In einigen Fällen wurde es mit KIRSCHNER-Drähten im Gips markiert. Die Operation selbst wurde in Bauchlage unter Intubationsnarkose im Redressionsgips vorgenommen, nachdem zuvor der Operationsbereich durch ein Fenster im Gips freigelegt worden war.

Durch eine weitgehende Periostablösung wurden die Dornfortsätze, die Gelenkfortsätze und die Wirbelbögen sorgfältig skelettiert. Die kleinen Wirbelgelenke wurden angefrischt, um dadurch eine Verknöcherung zu erzielen. Auf eine direkte Verbolzung der Gelenke wurde verzichtet.

Auf der konkaven Seite der Primärkrümmung wurden von den Wirbelbögen schuppenartige Lamellen abgehoben, die dann nach oben und unten umgeschlagen wurden. Dadurch wurde ein angefrishtes knöchernes Wundbett gebildet, in das sehr fein geschnittenes heterogenes Knochenmaterial ("Kieler Span") aus der Knochenbank gelegt wurde. Anschließend wurde in einem Bein des Patienten Blutleere geschaffen. Aus der Tibia dieses Beines wurde ein biegsamer Span ("ERTL-Span") abgehobelt, der dann über das gesamte Versteifungsgebiet hinweg auf die Knochenmasse gelegt und mit Seidenfäden fixiert wurde.

Nachbehandlung

Die ersten drei Monate nach der Spondylodese mußten die Patienten liegend im Gipskorsett verbringen. Kurz vor dem Ablauf dieses Zeitraumes wurden sie langsam an das Aufstehen

gewöhnt. Drei Monate nach der Operation erfolgte im Stehen der erste Gipswechsel. Nach weiteren sechs Wochen folgte der nächste Gipswechsel, bei dem gleichzeitig ein Abdruck für ein HESSING-Korsett genommen wurde. Die Gesamtdauer der postoperativen Fixation im Gipskorsett betrug im Oskar-Helene-Heim durchschnittlich sechs Monate.

Danach wurde je nach Wachstumsphase, Allgemeinzustand und Schwere der Krümmung noch 6, 8 oder 12 Monate lang ein HESSING-Korsett getragen. Dieses ist ein Stützkorsett aus Metall und Drell, das Tag und Nacht getragen werden kann. Auf zwei Hüftbügeln, die über die Darmbeinkämme laufen und sorgfältig angepaßt sein müssen, ist ein Stahlgerüst aufgebaut, das den Rumpf mit einem Drellmieder umfaßt und seitliche Thoraxstützen besitzt.

Abschließend folgte noch ein stationärer Aufenthalt der operierten Patienten, der dem stufenweisen Entwöhnen vom HESSING-Korsett und der Durchführung von Muskelkräftigungsübungen diente. Während der gesamten Zeit wurden wiederholt Röntgenaufnahmen im Stehen gemacht, die eine weitere Kontrolle der Spondylodese ermöglichten. Auch später wurde noch eine vierteljährliche Vorstellung der Patienten zu Kontrollzwecken angeraten.

Nachuntersuchungen an operierten Skoliosepatienten

Untersuchungsmaterial und -methode

In den Jahren von 1954 bis Ende 1966 wurden im Oskar-Helene-Heim insgesamt 111 Skoliosepatienten durch eine Versteifungsoperation behandelt. Da in der hier vorliegenden Arbeit die Ermittlung der Spätergebnisse im Vordergrund stand, wurden nur die Fälle in Betracht gezogen, die bis Ende 1964 operiert wurden. Von diesen insgesamt 102 Fällen wurden alle Patienten, die erreicht werden konnten und deren Unterlagen vollständig waren, zu einer Nachuntersuchung bestellt. Diese Untersuchungen fanden im Sommer 1967 statt. Es erschienen 51 Patienten (also 50 % der Gesamtzahl), die für die eigentliche Auswertung in dieser Arbeit berücksichtigt werden konnten. Diese relativ geringe Zahl erklärt sich aus den Besonderheiten der Berliner Situation, da zahlreiche Patienten aus dem gegenwärtig nicht zugänglichen Ostteil oder der näheren Umgebung der Stadt stammten. Andere sind in der Zwischenzeit nach Westdeutschland verzogen und konnten daher auch nicht in die Untersuchung mit einbezogen werden. Es muß jedoch hervorgehoben werden, daß die dadurch getroffene Auswahl - im Gegensatz zu zahlreichen anderen Veröffentlichungen - rein zufällig und keineswegs in irgendeiner Weise gezielt ist. Als Beweis dafür ist die gute Übereinstimmung zwischen der Gesamtheit der Fälle und der untersuchten Gruppe anzuführen, die sich aus den wenigen für beide Gruppen vollständigen Angaben machen läßt:

Während das durchschnittliche Operationsalter aller 102 bis 1964 operierten Fälle 15,5 Jahre betrug, beträgt es bei den hier untersuchten 51 Fällen 15,2 Jahre.

Ein ähnliches Ergebnis weist die Aufteilung beider Gruppen nach dem Geschlecht auf:

	Gesamtheit	unters. Gruppe
Mädchen:	81 (79,5 %);	42 (82,3 %)
Jungen:	21 (20,5 %);	9 (17,7 %).

Auch die Aufteilung der Skoliosen nach der Ätiologie zeigt keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Gruppen:

Tab. 1: Ätiologie der Skoliosen

	Gesamtheit		unters. Gruppe	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
idiopathisch	74	72,6 %	36	70,5 %
paralytisch	24	23,5 %	12	23,5 %
Mißbildungen	4	3,9 %	3	6,0 %
<u>Summe</u>	102		51	

Auf Grund dieser Vergleiche kann die untersuchte Gruppe von 51 Fällen als repräsentativ für die Gesamtheit der Spondyloiden mit insgesamt 102 Fällen angesehen werden.

Für die hier vorgenommene Untersuchung standen als Unterlagen zunächst die Krankengeschichten zur Verfügung. In den Anamnesen war u.a. auch nach dem Zeitpunkt der Entstehung der Skoliosen gefragt worden. Die dabei erhaltenen Angaben unterstreichen jedoch nur die bereits oben erhobenen Einwände gegen eine Betrachtung nach diesem Kriterium und die Einteilung in infantile, juvenile und adoleszente Skoliosen ³⁴⁾; denn in der Mehrzahl der Fälle wurde die Verkrümmung der Wirbelsäule erst in einem sehr weit fortgeschrittenen Stadium entdeckt. Als Folge davon war die vorausgegangene konservative Behandlung meist nur unzureichend gewesen. Erst mit der Aufnahme in die Klinik setzten intensivere Maßnahmen ein, die gewöhnlich mit dem DUCROQUET-Korsett begannen. Die Daten über die Wirksamkeit dieser Methode konnten den Krankengeschichten entnommen werden.

Die wichtigste Grundlage für diese Arbeit bildeten die a.p. Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule im Stehen und - postoperativ -

im Liegen, die in so dichtem zeitlichen Abstand aufgenommen waren, daß alle wichtigen Phasen daraus hervorgehen. Leider gab es in den ersten Jahren nur die Möglichkeit, einzelne Ausschnitte der Wirbelsäule auf einem Bild aufzunehmen. Auf diesen Bildern konnte man die Gegenkrümmungen im oberen BWS- und HWS-Bereich nicht mehr sehen. Auch eine Beurteilung der Statik der Wirbelsäule (Überhang und Kompensation) war hier selten möglich. Erst seit der Einführung der Ganzaufnahmen konnten diese Schwierigkeiten beseitigt werden.

Aus den Röntgenbildern wurden zunächst die Primär- und Sekundärkrümmungen sowie deren Scheitelwirbel ermittelt. Die Ausmessung der Krümmungswinkel erfolgte nach der Methode von FERGUSON¹⁴⁾, die besser reproduzierbare Werte und damit genauere Messungen ergab. Als Folge der Deformierung und Rotation der Wirbelkörper bereitete es zuweilen zwar Schwierigkeiten, die Scheitel- und Neutralwirbel sowie deren Mittelpunkte exakt zu bestimmen. Es zeigte sich jedoch, daß in derartigen Zweifelsfällen auch die Benutzung der anderen fraglichen Wirbel keine deutlichen Unterschiede im Winkelmaß ergaben. Durch mehrfache Wiederholungen dieser Messungen wurden die Fehler soweit verringert, daß die Fehlergrenze auf etwa $\pm 1^\circ$ geschätzt wird. Eine derartige Genauigkeit konnte nach der Meßmethode von COBB¹⁰⁾, die in Einzelfällen vergleichsweise angewendet wurde, nicht erreicht werden.

Außerdem existierten für die Auswertung noch Fotografien der Patienten unmittelbar vor und aus verschiedenen Phasen nach der Operation. Sie lieferten zwar keine objektiven Aussagen, erlaubten aber doch einen Vergleich bei der Beurteilung des äußeren Erscheinungsbildes der Patienten.

Bei den selbst vorgenommenen Nachuntersuchungen wurde nochmals eine a.p. Röntgenaufnahme im Stehen gemacht. Einzelheiten gehen aus der Zusammenstellung der gesamten Untersuchungsergebnisse (Tab. 2) hervor.

Ferner wurde noch eine klinische Nachuntersuchung vorgenommen, um damit auch den subjektiven Spätf Befund nach der Spon-

dylodese zu erfassen. Dabei wurde nach den verschiedenen Beschwerden (Schmerzen, Atemnot) gefragt, die Wirbelsäulenvorverneige ermittelt und das Vorhandensein eines Schulterschiefstandes oder Gibbus überprüft. Wegen der bereits geschilderten Schwierigkeiten, die einer exakten Verwendung dieser klinischen Befunde entgegenstehen, beschränkt sich die Auswertung der Untersuchungsergebnisse hier auf die objektiv meßbaren Daten.

Tab. 2: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse

Erläuterungen:

Die untersuchten Patienten sind unter den fortlaufenden Nummern 1 bis 51 aufgeführt (Spalte 1). Die Einteilung erfolgt ätiologisch in idiopathische, paralytische und Mißbildungsskoliosen, wobei der Schwere der Krümmung entsprechend vier Gruppen nach PONSETI und FRIEDMANN (s.o.) unterteilt werden. Innerhalb der Gruppen werden alle Fälle nach steigendem Winkel der Primärkrümmung geordnet.

1. Blatt

Spalte 2: Geschlecht; m = männlich, w = weiblich

Spalte 3: Krümmungsbereich der Primärkrümmung. Es werden jeweils die begrenzenden Neutralwirbel angegeben.

Spalte 4: Höhe des Scheitelwirbels der Krümmung und Richtung der Konvexität (re = rechts, li = links)

Spalte 5/6: Analoge Angaben zur Sekundärkrümmung. Die Konvexität wurde nicht erwähnt, da sie stets entgegengesetzt zur Primärkrümmung ist. Die Sperrung der Felder bedeutet, daß in diesen Fällen eine Sekundärkrümmung gar nicht existiert oder nur unbedeutend und nicht fixiert ist (Haltungskompensation).

Spalte 7: Lebensalter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation. Monate wurden in zehntel Jahre umgerechnet.

- Spalte 8: Entwicklungsstadium der Darmbeinkammaphyse (RISSER-Zeichen). Zusätzlich zu den auf Seite 23 definierten Stadien I - IV wird die abgeschlossene Ossifikation der Apophyse hier als Stadium V bezeichnet.
- Spalte 9: Größe des Patienten in cm vor Beginn der kombinierten Behandlung.
- Spalte 10: Extension des Patienten durch die Behandlung mit dem DUCROQUET-Korsett (in cm), passiv.
- Spalte 11: Prozentuale Größenzunahme durch die DUCROQUET-Behandlung bezogen auf die ursprüngliche Größe.
- Spalte 12: Bereich der Wirbelsäule, der bei der Operation versteift wurde.
- Spalte 13: Spatereinheilung. Auf Grund der Röntgenaufnahmen wurde geprüft, ob der Versteifungsspan glatt eingeheilt (o.B.) bzw. resorbiert (Resorption) war oder ob es zur Bildung von Umbauzonen und Pseudarthrosen (Pseudarthr.) gekommen war. In einigen Fällen konnte festgestellt werden, daß es zunächst zur Bildung von Pseudarthrosen gekommen war, die später jedoch wieder verheilten (Ps.geheilt). In einem Fall kam es zur Fistelbildung.

2. Blatt Ergebnisse der Winkelausmessung der Röntgenganz-
aufnahmen nach der Methode von FERGUSON.

Spalte 2-6: Winkel der Primärkrümmung in °F zu verschiedenen Zeiten:

- 2: vor Beginn der kombinierten Behandlung;
- 3: nach der Korrektur durch die praeoperative Redression, fixiert durch ein Gipskorsett;
- 4: 3 Monate nach der Operation während des ersten Gipswechsels, liegend;
- 5: erste Aufnahme des stehenden Patienten ohne Gipskorsett, durchschnittlich 1 Jahr nach der Operation;
- 6: Krümmungswinkel bei der letzten Nachuntersuchung.

Spalte 7: Anzahl der Jahre, die zwischen Operation und letzter Nachuntersuchung liegen.

Spalte 8/9: Ausmaß der praeoperativen Korrektur in $^{\circ}\text{F}$ und Prozent (bezogen auf die Ausgangskrümung).

Spalte 10/11: Differenz zwischen dem Winkel bei der letzten Nachuntersuchung und der Ausgangskrümung in $^{\circ}\text{F}$ und in Prozent der Ausgangskrümung. Negative Werte bedeuten, daß der Krümmungswinkel sich vergrößert hat, daß also statt einer Korrektur eine Verschlimmerung ermittelt wurde.

Spalte 12-17: Korrekturverlust in den einzelnen Etappen nach der Operation (s.a. Abb.2). Die Angaben enthalten jeweils die Differenz der gemessenen Winkel in $^{\circ}\text{F}$ und den relativen Korrekturverlust bezogen auf die Ausgangskrümung. Negative Werte bedeuten, daß es statt zu einem Korrekturverlust noch nach der Operation zu einem Korrekturgewinn gekommen ist.

Spalte 18-20: Winkel der Sekundärkrümung in $^{\circ}\text{F}$:

- 18: vor Beginn der kombinierten Behandlung, stehend;
- 19: nach der Korrektur durch die praeoperative Redression, fixiert durch ein Gipskorsett;
- 20: Krümmungswinkel bei der letzten Nachuntersuchung.

Nr.	m/w	Primärkrümmung Bereich Scheitel	Sekundärkrümmung Bereich Scheitel	OP- Alter	RIS- SER	DUCROQUET-Behandl. Größe Extens.	%	Spondylo- deseber.	Spanneinheilg.			
<u>Leichte idiopathische Skoliosen</u>												
1	w	Th6-12	Th9 re	Th12-L4	L 2	14,0	III	167,0	4,0	2,4	Th5-L2	o.B.
2	w	Th6-L1	Th10 re	L1-5	L 3	14,5	III	159,5	5,0	3,1	Th8-L2	Pseudarthr.
3	w	Th12-L4	L 2 re	--	--	12,5	I	160,5	5,5	3,4	Th11-L5	o.B.
4	w	Th11-L3	L 1 li	Th5-Th11	Th8	13,9	II	158,0	5,0	3,2	Th10-L2	Resorption
5	w	Th11-L4	L 2 re	Th4-Th11	Th8	15,5	IV	159,0	5,0	3,1	Th8-L3	Resorption
6	w	Th6-11	Th8 re	Th11-L4	L 1	14,7	I	167,0	7,0	4,2	Th9-L3	Resorption
7	m	Th8-L2	Th11 re	--	--	13,4	I	160,5	7,5	4,7	Th8-L3	Fistelbildg.
8	w	Th4-L2	Th10 re	--	--	12,6	II	148,5	5,5	3,7	Th8-L4	o.B.
9	w	L1-5	L 3 li	--	--	23,5	V	--	--	--	Th11-L5	o.B.
10	m	Th6-12	Th9 re	Th12-L4	L 2	13,6	I	153,0	5,5	3,6	Th5-L3	Resorption
11	w	Th7-12	Th10 re	Th12-L4	L 2	18,0	V	158,0	6,0	3,8	Th6-12	Ps. (geheilt)
<u>Mäßige idiopathische Skoliosen</u>												
12	w	Th5-10	Th8 re	Th10-L3	L 1	14,1	III	159,5	5,0	3,1	Th6-12	Resorption
13	m	Th6-11	Th8 re	Th11-L4	L 1	14,5	I	166,5	6,5	3,9	Th4-12	o.B.
14	w	Th5-11	Th8 re	Th11-L4	L 2	14,0	III	158,0	7,0	4,1	Th10-L3	Resorption
15	w	Th6-L1	Th10 re	L1-L4	L 3	15,6	III	155,0	8,0	5,2	Th8-L3	o.B.
16	w	Th5-11	Th8 re	Th11-L3	L 1	15,2	II	157,0	5,5	3,5	Th6-L3	Pseudarthr.
17	w	Th6-11	Th9 re	Th11-L4	L 2	20,4	V	--	--	--	Th6-11	o.B.
18	w	Th4-10	Th7 re	Th10-L4	L 1	13,5	IV	147,5	8,5	5,8	Th9-L4	Resorption
19	w	Th5-12	Th9 re	Th12-L4	L 2	16,2	III	165,0	5,0	3,0	Th5-L2	o.B.
20	w	Th11-L4	L 2 li	Th6-11	Th9	15,9	II	169,0	7,5	4,4	Th9-L5	Pseudarthr.

Nr. m/w	Primärkrümmung Bereich Scheitel	Sekundärkrümmung Bereich Scheitel	OP- Alter	RIS- Ser	DUCROQUET-Behandl. Größe Extens. %	Spondylo- deseber.	Spineinheilg.				
21	w Th5-10	Th8 re	Th10-L3	L 1	16,2	III	154,0	5,0	3,2	Th6-L2	o.B.
22	w Th5-11	Th8 re	Th11-L4	L 2	15,0	II	154,5	7,0	4,5	Th7-L4	Pseudarthr.
23	w Th5-12	Th8 re	Th12-L4	L 2	13,3	II	154,0	6,5	4,2	Th8-L4	o.B.
24	w Th5-12	Th8 re	Th12-L5	L 2	13,8	II	160,5	6,0	3,7	Th10-L3	Resorption
25	w Th6-12	Th9 re	Th12-L4	L 2	14,5	I	163,0	5,5	3,4	Th9-L4	o.B.
26	m Th6-12	Th9 re	Th12-L4	L 2	14,5	II	163,5	9,0	5,5	Th6-L2	o.B.
27	w Th6-12	Th9 re	Th12-L4	L 2	16,6	II	156,0	9,0	5,8	Th9-L4	Pseudarthr.
<u>Schwere idiopathische Skoliosen</u>											
28	w Th3-10	Th7 re	Th10-L5	L 2	16,2	II	145,5	7,5	5,2	Th6-L3	Resorption
29	w Th6-L2	Th10 re	--	--	20,1	V	153,5	7,5	4,9	Th7-L4	o.B.
30	w Th9-L3	Th12 re	Th5-9	Th7	14,5	I	156,0	8,5	5,5	Th7-L4	Ps. (geheilt)
31	w Th7-L2	Th11 re	--	--	16,0	IV				Th6-L3	Resorption
32	w Th7-L3	Th12 re	--	--	15,8	IV	150,0	10,0	6,5	Th6-L4	Pseudarthr.
33	w Th6-11	Th9 re	Th11-L4	L 2	16,9	V	160,0	7,5	4,7	Th6-L3	Pseudarthr.
<u>Sehr schwere idiopathische Skoliosen</u>											
34	m Th2-7	Th5 li	Th7-L2	Th10	18,6	III	156,0	4,5	2,9	Th5-L1	Pseudarthr.
35	w Th5-12	Th8 re	Th12-L4	L 2	13,8	II	144,0	8,5	5,9	Th3-L3	o.B.
36	w Th5-12	Th8 re	Th12-L4	L 2	15,4	I	154,0	10,0	6,5	Th9-L3	o.B.
<u>Leichte paralytische Skoliosen</u>											
37	m Th5-11	Th8 li	Th11-L3	L 1	17,8	IV	168,0	7,5	4,5	Th9-L3	o.B.

Nr.	Winkel der Primärkrümmung				Korrektur				Korrekturverlust				Sekundärkrümmung						
	vor Beh.	korr. im Gips	Mon. n.OP lieg.	1Jahr n.OP steh.	End- wert n.OP	prae- operativ OF %	Endkor- rektur OF %	Halte- verlust OF %	freier Verlust OF %	Spät- Verlust OF %	Beh. im Gips	vor korr.	End- wert						
21	49	31	34	37	38	13	18	37	11	22	3	6	3	6	1	2	32	14	23
22	50	28	38	43	52	8	22	44	-2	-3	10	20	5	10	9	18	39	20	33
23	51	37	35	54	62	4	14	27	-11	-22	-2	-4	19	37	8	16			
24	51	35	30	48	51	9	16	31	0	0	-5	-10	18	35	3	6	36	16	34
25	52	28	39	44	43	8	24	46	9	17	11	21	5	10	-1	-2	20	11	19
26	57	33	47	51	51	11	24	42	6	11	14	25	4	7	0	0	30	24	30
27	58	39	49	54	59	8	19	33	-1	-2	10	17	5	9	5	9	54	27	52
Schwere idiopathische Skoliosen																			
28	62	58	54	76	76	12	4	6	-14	-23	-4	-6	22	36	0	0	55	38	57
29	65	43	52	55	58	12	22	34	7	11	9	14	3	5	3	5	--	--	--
30	70	38	43	50	63	12	32	46	7	10	5	7	7	10	13	19	40	31	38
31	71	35	43	72	76	12	36	51	-5	-7	8	11	29	41	4	6	--	--	--
32	74	48	54	63	66	9	26	35	8	11	6	8	9	12	3	4	--	--	--
33	78	42	60	64	59	9	36	46	19	24	18	23	4	5	-5	-6	58	34	50
Sehr schwere idiopathische Skoliosen																			
34	91	76	80	92	90	9	15	28	1	1	4	4	12	13	-2	-2	70	61	74
35	91	51	57	57	62	3	40	44	29	32	6	7	0	0	5	6	44	29	35
36	94	77	87	101	98	12	17	18	-4	-4	10	11	14	15	-3	-3	60	46	58
Leichte paralytische Skoliosen																			
37	32	17	30	30	41	12	15	47	-9	-28	13	41	0	0	11	34	23	11	31

Nr. m/w	Primärkrümmung Bereich Scheitel	Sekundärkrümmung Bereich Scheitel	OP- Alter	RIS- SER	DUCROQUET-Behandl. Größe Extens. %	Spondylo- deseber.	Spineheilg.
---------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------	-------------	---------------------------------------	-----------------------	-------------

Mäßige paralytische Skoliosen

38	w	Th6-L2	Th10 re	--	12,5	III	161,0	6,5	4,0	Th11-L3		
39	m	Th8-L3	Th12 li	--	15,6	IV	168,5	5,5	3,3	Th8-L4		Pseudarthr.
40	w	Th2-8	Th5 re	--	15,1	III	160,5	6,0	3,7	Th1-6		O.B.
41	m	Th7-L3	Th11 re	--	13,6	II				Th7-L4		Pseudarthr.
42	w	Th10-L4	L1 li	Th4-10	18,8	IV	161,0	9,0	5,6	Th6-L3		Ps. (geheilt)

Schwere paralytische Skoliosen

43	w	Th8-L4	Th12 re	--	13,1	I	145,0	10,0	6,9	Th7-L3		Pseudarthr.
44	w	Th7-L3	Th10 li	--	12,8	II				Th6-L3		O.B.
45	w	Th6-L1	Th10 li	Th1-6	13,6	I	144,5	9,5	6,6	Th5-L3		Pseudarthr.
46	w	Th4-L1	Th8 re	Th11-L4	13,8	I	155,0	9,0	5,7	Th6-L2		O.B.
47	m	Th3-9	Th6 re	Th9-L4	15,7	IV	144,0	10,5	7,3	Th9-L2		O.B.

Sehr schwere paralytische Skoliosen

48	w	Th3-L2	Th7 re	Th12-L4	17,8	IV				Th9-L4		O.B.
----	---	--------	--------	---------	------	----	--	--	--	--------	--	------

Mäßige Mißbildungen skoliosen

49	w	Th10-L2	L1 li	--	10,8	I	147,0	5,5	3,7	Th9-L3		O.B.
50	w	Th9-L3	Th12 re	--	12,8	I	152,0	7,5	4,9	Th7-L4		O.B.

Sehr schwere Mißbildungsskoliosen

51	w	Th6-L2	Th10 li	--	13,5	I	139,0	5,0	3,6	Th5-L5		Pseudarthr.
----	---	--------	---------	----	------	---	-------	-----	-----	--------	--	-------------

Nr.	Winkel der Primärkrümmung			Korrektur		Korrekturverlust			Sekundärkrümmung	
	vor Beh.	kor. im Gips	1 Jahr Endwert n.OP	prae-operativ %	Endkorrektur %	Halteverlust %	freier Verlust %	Spätverlust %	vor Beh.	Endwert im Gips
<u>Mäßige paralytische Skoliosen</u>										
38	41	20	23	36	43	3	21	51	-2	-5
39	43	21	28	38	36	7	22	51	7	16
40	50	41	49	48	45	4	9	18	5	10
41	54	21	32	56	52	3	33	61	2	4
42	58	45	49	52	53	8	13	22	5	9
<u>Schwere paralytische Skoliosen</u>										
43	63	24	35	39	44	6	39	62	19	30
44	65	41	46	57	56	12	24	37	9	14
45	70	36	44	56	59	12	34	49	11	16
46	74	65	65	78	88	13	9	12	-14	-19
47	77	43	57	63	85	9	34	44	-8	-10
<u>Sehr schwere paralytische Skoliosen</u>										
48	116	64	70	89	91	7	52	45	25	22
<u>Mäßige Mißbildungen skoliosen</u>										
49	42	33	33	33	33	9	9	21	9	21
50	53	29	28	31	50	11	24	45	3	6
<u>Sehr schwere Mißbildungsskoliosen</u>										
51	81	64	75	82	88	3	17	21	-7	-9

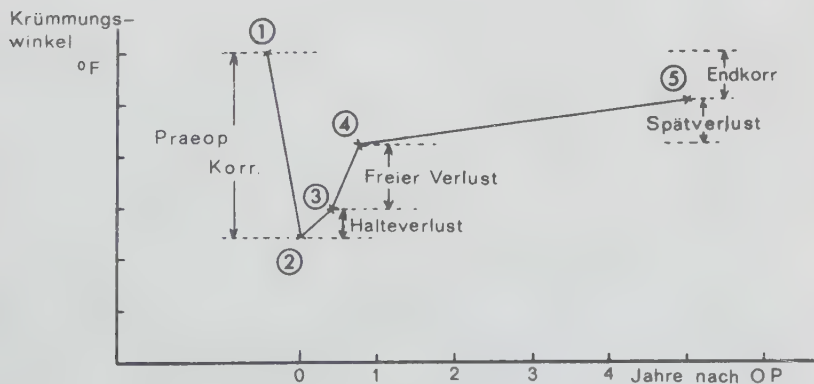
17	13	7	32	7	17	--	--	--	46	33
3	7	16	10	23	-2	-5	--	--	27	60
8	16	-1	-2	-3	-6	--	--	--	46	26
11	20	24	44	-4	-7	--	--	--	69	27
4	7	3	5	1	2	55	42	53		
11	17	4	6	5	8	--	--	--		
5	8	11	17	-1	-2	--	--	--		
8	11	12	17	3	4					
0	0	13	18	10	14	46	26	33		
14	18	6	8	22	29	69	27	60		
6	5	19	16	2	2	45	34	46		
0	0	0	0	0	0	--	--	--		
-1	-2	3	6	19	36	--	--	--		
11	14	7	9	6	7	--	--	--		

Verlaufskurven

An Hand der vorliegenden Röntgenaufnahmen und der Winkel-
ausmessung nach der Methode von FERGUSON ¹⁴⁾ wird der Ver-
lauf jeder einzelnen Skoliose in der Weise dargestellt, daß
die Krümmungswinkel über der Zeit aufgetragen werden. Um ei-
nen besseren Vergleich zu ermöglichen, wird der Zeitpunkt
der Operation einheitlich als Nullpunkt der Zeitskala ge-
setzt. Das typische Bild einer derartigen Verlaufskurve ist
in Abb. 2 dargestellt. Dabei wurden folgende Röntgenaufnah-
men zugrunde gelegt (s.a. Erläuterungen zu Tab. 2):

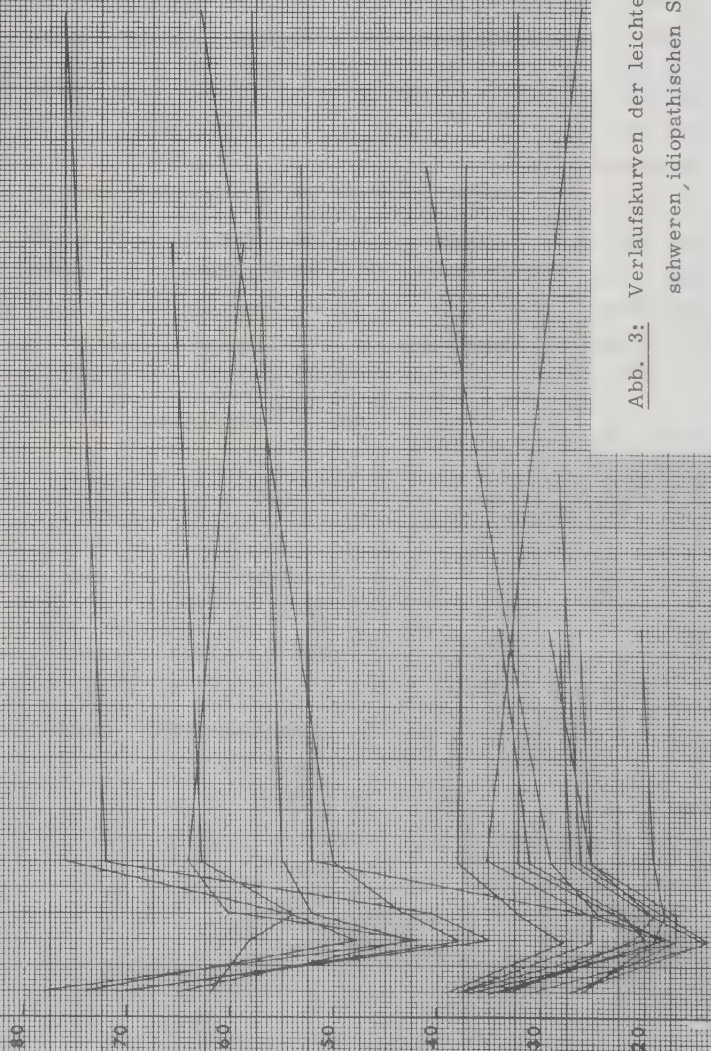
1. vor Beginn der Behandlung, stehend;
2. nach der praeoperativen Korrektur unmittelbar vor der
Operation, fixiert durch ein Gipskorsett;
3. etwa drei Monate nach der Operation während des ersten
Gipswechsels, liegend;
4. erste Aufnahme des stehenden Patienten ohne Gipskorsett,
etwa ein Jahr nach der Operation;
5. letzte Nachuntersuchung.

In zahlreichen Fällen wurden zusätzlich weitere Aufnahmen
ausgemessen, die zwischen diesen markanten Zeitpunkten lie-
gen.



Abbs. 2: Typisches Bild einer Verlaufskurve

Abb. 3: Verlaufskurven der leichten und schweren, idiopathischen Skoliosen



12 Jahre nach O.P.

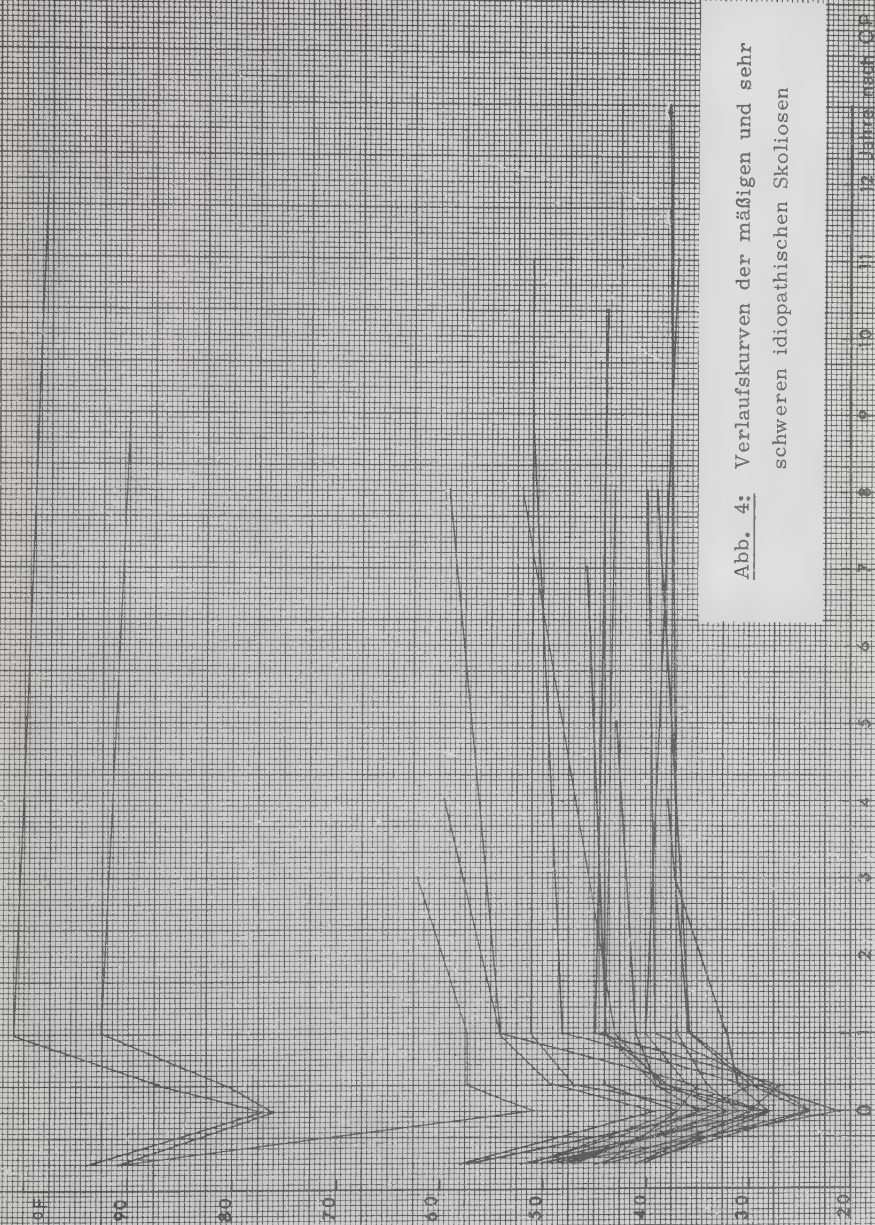
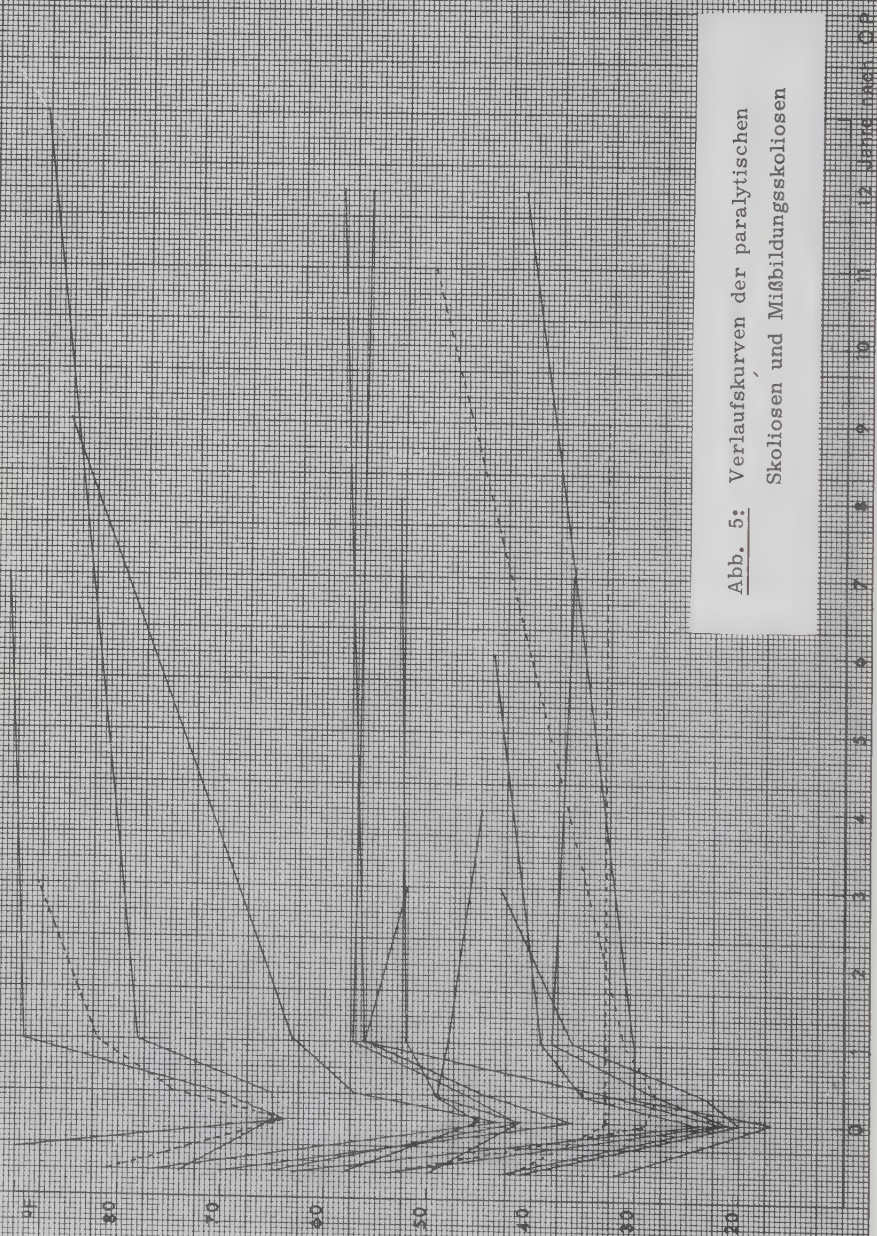


Abb. 4: Verlaufskurven der mäßigen und sehr schweren idiopathischen Skoliosen

12 Jahre nach OP

Abb. 5: Verlaufskurven der paralytischen Skoliosen und Mißbildungsskoliosen



12 Jahre nach OP

Auswertung der Untersuchungsergebnisse nach verschiedenen
Kriterien

In den folgenden Tabellen 3 bis 10 wird das Untersuchungsmaterial nach

- der Ätiologie,
- dem Lebensalter,
- dem RISSER-Zeichen,
- dem Schweregrad,
- der Höhe der Primärkrümmung,
- der relativen praeoperativen Korrektur,
- der relativen Endkorrektur
- und der Spineinheilung

in einzelne Gruppen aufgeteilt. Aus der Konstanz oder Veränderung der Ergebnisse kann eine Aussage über den Zusammenhang der jeweiligen Kriterien erhalten werden.

Tab. 3: Auswertung nach der Ätiologie

	idiopath.	paralyt.	Mißbildg.	Total
Anzahl der Fälle, ges.	36	12	3	51
männlich	5	4	-	9
weiblich	31	8	3	42
OP-Alter	15,5	15,0	12,4	15,2
Spaneinheilung o.B.	15	7	2	24
Pseudarthrosen	10	5	1	16
Resorption	10	-	-	10
Krümmungswinkel vor Beh.	51°	62°	59°	54°
Praeop. Korrektur (°F)	18,3	25,4	16,7	20,0
% d.Ausgangskrümmung	35,9	41,0	28,3	37,0
Endkorrektur (°F)	2,8	4,1	1,7	3,1
% d.Ausgangskrümmung	5,5	6,6	2,9	5,7
Korrekturverlust (°F)	15,4	21,2	14,9	16,7
% d.praeop.Korr.	84	83	89	84
% d.Ausgangskrümmung	30	34	25	31
Halteverlust (°F)	4,9	7,5	3,3	5,4
freier Verlust (°F)	8,6	9,5	3,3	8,5
Spätverlust (°F)	1,9	4,2	8,3	2,8
Jahre nach OP	8,2	8,0	7,7	8,3
Nach DUCROQUET vorbe-				
handelte Mädchen	28	6	3	37
mittleres Alter	15,1	14,5	12,4	14,8
Größe (cm)	156,9	154,5	146,0	155,7
theoret.Größe lt. 76)	161,2	160,4	153,9	160,8
Verkürzung durch Skol.	4,3	5,9	7,9	5,1
DUCR.-Extension (cm)	6,7	8,3	6,0	6,9
Ausgangskrümmung	50°	59°	59°	52,5°
Endkorrektur (°F)	3,4	4,0	0,6	3,5

Tab. 4: Auswertung nach dem Operationsalter

Alter:	11 - 14	15/16	17/18	19 - 24
Anzahl der Fälle, ges.	21	20	5	5
männlich	3	4	1	1
weiblich	18	16	4	4
idiopathische Sk.	12	17	3	4
paralytische Sk.	6	3	2	1
Mißbildungssk.	3	-	-	-
Spaneinheilung o.B.	10	9	2	3
Pseudarthrosen	4	7	3	2
Resorption	6	4	-	-
Krümmungswinkel vor Beh.	51°	53°	65°	59°
Praeop.Korrektur (°F)	19,7	19,4	26,6	16,0
% d.Ausgangskrümmung	39	37	41	31
Endkorrektur (°F)	2,6	2,2	7,2	6,6
% d.Ausgangskrümmung	5,1	4,2	11,1	8,8
Korrekturverlust (°F)	17,5	17,4	19,4	9,4
% d.praeop.Korr.	89	90	73	59
% d.Ausgangskrümmung	34	33	30	16
Halteverlust (°F)	3,9	6,0	10,2	5,0
freier Verlust (°F)	9,3	8,7	6,8	6,4
Spätverlust (°F)	4,3	2,7	2,4	-2,0
Jahre nach OP	6,8	8,7	9,2	10,4
Nach DUCROQUET vorbe-				
handelte Mädchen	17	15	3	2
mittleres Alter	13,3	15,5	17,2	19,5
Größe (cm)	153,1	157,9	158,0	157,3
theoret.Größe lt. 76)	157,9	161,1	162,5	162,5
Verkürzung durch Skol.	4,8	3,2	4,5	5,2
DUCR.-Extension (cm)	6,7	6,8	7,5	8,3
Ausgangskrümmung	51°	52°	58°	62°
Endkorrektur (°F)	2,9	2,9	6,7	6,0
RISSEr-Stadium I	9	5	-	-
II	7	5	1	-
III	4	5	-	1
IV	1	5	2	1
V	-	-	2	3

Tab. 5: Auswertung nach dem R I S S E R - S t a d i u m

RISSER-Stadium:	I	II	III	IV	V
Anzahl der Fälle, ges.	14	13	10	9	5
männlich	3	2	1	3	-
weiblich	11	11	9	6	5
idiopathische Sk.	8	11	8	4	5
paralytische Sk.	3	2	2	5	-
Mißbildungssk.	3	-	-	-	-
Spaneinheilung o.B.	7	5	6	3	3
Pseudarthrosen	4	5	2	3	2
Resorption	2	3	2	3	-
Krümmungswinkel vor Beh.	55°	54°	46°	61°	53°
Praeop. Korrektur (°F)	20,0	21,6	13,2	24,7	19,8
% d.Ausgangskrümmung	36	40	29	40	37
Endkorrektur (°F)	1,2	2,5	2,8	3,4	9,6
% d.Ausgangskrümmung	2,2	4,6	6,1	5,6	18,0
Korrekturverlust (°F)	18,8	19,1	10,4	20,3	10,2
% d.praeop.Korr.	94	88	79	82	52
% d.Ausgangskrümmung	34	35	23	33	19
Halteverlust (°F)	5,0	5,5	3,7	6,7	7,8
freier Verlust (°F)	9,7	10,7	5,4	9,3	5,4
Spätverlust (°F)	4,1	3,3	1,3	4,3	-3,0
Jahre nach OP	9,1	7,4	6,2	8,1	10,6
OP-Alter, ges.	13,6	14,4	15,1	16,3	19,8
männlich	13,9	14,1	18,6	16,4	-
weiblich	13,6	14,5	14,7	16,2	19,8
Nach DUCROQUET vorbe-					
handelte Mädchen	11	10	9	4	3
mittleres Alter	13,6	14,6	14,7	15,9	18,3
Größe (cm)	153,0	154,7	159,6	154,4	157,2
theoret.Größe lt. 76)	158,6	160,5	160,7	162,1	162,5
Verkürzung durch Skol.	4,4	5,8	1,1	7,7	5,3
DUCR.-Extension (cm)	7,5	6,8	5,7	8,1	7,0
Ausgangskrümmung	60°	52°	41°	53°	61°
Endkorrektur (°F)	3,1	1,5	3,0	5,3	9,3

Tab. 6: Auswertung nach dem S c h w e r e g r a d

	I leichte	II mäßige	III schwere	IV sehr schwere	Total
Anzahl der Fälle, ges.	12	23	11	5	51
männlich	3	4	1	1	9
weiblich	9	19	10	4	42
idiopathische Sk.	11	16	6	3	36
paralytische Sk.	1	5	5	1	12
Mißbildungssk.	-	2	-	1	3
OP-Alter	15,3	14,9	15,3	15,8	15,2
Spaneinheilung o.B.	5	12	4	3	24
Pseudarthrosen	2	7	5	2	16
Resorption	4	4	2	-	10
Krümmungswinkel vor Beh.	33°	48°	70°	90°	54°
Praeop. Korrektur (°F)	14	18	27	28	20
% d. Ausgangskrümmung	42	38	39	31	37
Endkorrektur (°F)	0,2	3,1	3,5	8,8	3,1
% d. Ausgangskrümmung	0,6	6,5	5,0	9,8	5,7
Korrekturverlust (°F)	14,0	14,4	23,4	19,4	16,7
% d. praeop. Korr.	100	80	87	69	84
% d. Ausgangskrümmung	42	30	33	22	31
Halteverlust (°F)	3,7	4,9	7,3	7,4	5,4
freier Verlust (°F)	8,1	7,2	10,9	10,4	8,5
Spätverlust (°F)	2,2	2,3	5,2	1,6	2,8
Jahre nach OP	7,7	7,4	10,7	6,8	8,3
Nach DUCROQUET vorbe- handelte Mädchen	8	18	8	3	37
mittleres Alter	14,3	14,7	15,5	14,2	14,8
Größe	159,7	157,5	151,2	145,7	155,7
theoret. Größe lt. 76)	160,1	160,7	161,7	159,9	160,8
Verkürzung durch Skol.	0,4	3,2	10,5	14,2	5,1
DUCR.-Extension (cm)	5,4	6,7	8,7	7,8	6,9
Ausgangskrümmung	31°	48°	70°	89°	53°
Endkorrektur (°F)	1,6	2,8	5,4	6,0	3,5

Tab. 7: Auswertung nach der H ö h e der Primärkrümmung

	lumbal	thorako- lumbal	thoraka- kal	zervico- thorakal	Kombin. thor. u. lumb.
Anzahl der Fälle, ges.	6	8	24	2	11
männlich	-	3	4	1	1
weiblich	6	5	20	1	10
idiopathische Sk.	4	4	17	1	10
paralytische Sk.	1	3	6	1	1
Mißbildungssk.	1	1	1	-	-
OP-Alter	15,9	14,4	14,8	16,8	15,9
Spaeneinheilung o.B.	3	1	16	1	3
Pseudarthrosen	2	5	6	1	2
Resorption	1	1	2	-	6
Krümmungswinkel vor Beh.	41°	56°	58°	71°	47°
Praeop. Korrektur (°F)	15,3	28,6	20,9	12,0	15,2
% d.Ausgangskrümmung	37	51	36	17	32
Endkorrektur (°F)	6,2	2,9	3,0	3,0	1,5
% d.Ausgangskrümmung	15,0	5,2	5,2	4,2	3,2
Korrekturverlust (°F)	9,2	25,9	17,9	9,0	13,6
% d.praeop.Korr.	60	91	86	75	89
% d.Ausgangskrümmung	22	46	31	13	29
Halteverlust (°F)	3,5	6,8	5,2	6,0	6,0
freier Verlust (°F)	6,0	14,2	8,8	5,5	5,8
Spätverlust (°F)	-0,3	4,9	3,9	-2,5	1,8
Jahre nach OP	7,8	8,8	8,0	6,5	8,3
Nach DUCROQUET vorbe-					
handelte Mädchen	5	4	18	1	9
mittleres Alter	14,4	14,1	14,8	15,1	15,2
Größe (cm)	159,1	150,7	155,1	160,5	156,4
theoret.Größe lt. 76)	160,2	159,8	160,8	161,2	161,3
Verkürzung durch Skol.	1,1	9,1	5,7	0,7	4,9
DUCR.-Extension (cm)	6,5	9,0	6,5	6,0	7,4
Ausgangskrümmung	41°	65°	55°	50°	49°
Endkorrektur (°F)	5,0	9,2	2,2	5,0	2,0

Tab. 8: Auswertung nach der relativen praeoperativen Korrektur

	10-20%	21-30%	31-40%	41-50%	über 50%
Anzahl der Fälle, ges.	5	11	12	15	8
männlich	-	2	1	4	2
Weiblich	5	9	11	11	6
idiopathische Sk.	3	8	11	10	4
paralytische Sk.	2	1	1	4	4
Mißbildungssk.	-	2	-	1	-
OP-Alter	15,2	15,1	16,4	14,8	14,2
Spaneinheilung o.B.	4	4	7	7	2
Pseudarthrosen	-	5	2	5	4
Resorption	1	2	3	2	2
Krümmungswinkel vor Beh.	65°	52°	49°	58°	49°
Praeop. Korrektur (°F)	9,2	12,7	17,9	26,5	26,9
% d.Ausgangskrümmung	14,2	24,4	36,5	45,7	54,8
Endkorrektur (°F)	-5,4	0,7	5,7	5,1	3,6
% d.Ausgangskrümmung	-8,3	1,3	11,6	8,8	7,4
Korrekturverlust (°F)	14,6	12,9	12,2	21,3	23,2
% d.praeop.Korr.	169	95	68	80	86
% d.Ausgangskrümmung	22	23	25	37	47
Halteverlust (°F)	4,2	3,1	4,0	7,6	7,5
freier Verlust (°F)	9,6	6,7	7,8	8,0	12,5
Spätverlust (°F)	0,8	2,2	0,4	5,7	3,2
Nach DUCROQUET vorbe-					
handelte Mädchen	5	9	8	10	5
Mittleres Alter	15,2	14,7	15,8	14,4	13,6
Größe	154,0	154,3	157,4	155,9	156,3
theoret.Größe lt. ⁷⁶⁾	161,3	160,7	162,0	160,2	158,6
Verkürzung durch Skol.	7,3	6,4	4,6	4,3	2,3
DUCR.-Extension (cm)	8,1	6,5	6,3	7,2	6,9
Ausgangskrümmung	65°	49°	48°	57°	44°
Endkorrektur (°F)	-5,4	1,1	4,3	8,3	5,0

Tab. 9: Auswertung nach der relativen Endkorrektur

	unter -10 %	-10 bis -1 %	0 bis 10 %	11 bis 20 %	über 20 %
Anzahl der Fälle, ges.	6	9	16	12	8
männlich	2	2	2	3	-
weiblich	4	7	14	9	8
idiopathische Sk.	4	6	12	9	5
paralytische Sk.	2	2	3	3	2
Mißbildungssk.	-	1	1	-	1
OP-Alter	14,5	14,6	15,1	15,6	15,8
Späneinheilung o.B.	4	5	4	5	6
Pseudarthrosen	-	3	6	5	2
Resorption	1	1	6	2	-
Krümmungswinkel vor Beh.	49°	60°	49°	53°	63°
Praeop.Korrektur (°F)	13,2	21,1	16,3	22,5	27,8
% d.Ausgangskrümmung	27,2	35,2	33,5	42,7	44,1
Endkorrektur (°F)	-11,7	-3,7	2,6	7,3	16,3
% d.Ausgangskrümmung	-23,9	-5,7	5,4	14,2	25,7
Korrekturverlust (°F)	26,3	24,9	13,7	15,2	10,5
% d.praeop.Korr.	200	118	84	68	38
% d.Ausgangskrümmung	54,1	41,5	28,1	28,8	16,7
Halteverlust (°F)	5,0	7,5	4,0	6,8	5,4
freier Verlust (°F)	14,3	11,7	7,3	7,2	5,1
Spätverlust (°F)	7,0	5,7	2,4	1,2	-
Jahre nach OP	10,2	7,9	7,3	8,5	7,9
Nach DUCROQUET vorbe- handelte Mädchen	4	6	14	7	6
mittleres Alter	14,0	14,3	15,0	15,8	14,1
Größe	157,5	154,2	158,4	156,4	152,8
theoret.Größe lt. ⁷⁶⁾	159,6	160,1	161,1	162,0	159,8
Verkürzung durch Skol.	2,1	5,9	2,7	5,6	7,0
DUCR.-Extension (cm)	7,1	7,2	6,7	7,2	6,8
Ausgangskrümmung	56°	59°	45°	55°	58°
Endkorrektur (°F)	-10,8	-2,8	2,7	7,7	15,5

Tab. 10: Auswertung nach der Spatereinheilung

	Pseud- arthrose	Resorption	o.B.
Anzahl der Fälle, ges.	16	10	24
männlich	3	1	4
weiblich	13	9	20
idiopathische Sk.	10	10	15
paralytische Sk.	5	-	7
Mißbildungssk.	1	-	2
OP-Alter	15,6	14,5	15,2
Krümmungswinkel vor Beh.	59°	45°	55°
Praeop.Korrektur (°F)	23,5	16,0	19,2
% d.Ausgangskrümmung	42	37	36
Endkorrektur (°F)	5,4	0,2	3,2
% d.Ausgangskrümmung	9,2	0,5	5,8
Korrekturverlust (°F)	18,1	15,8	16,0
% d.praeop.Korr.	77	99	83
% d.Ausgangskrümmung	31	35	29
Halteverlust (°F)	7,7	2,0	5,4
freier Verlust (°F)	8,1	11,5	6,8
Spätverlust (°F)	2,3	2,3	3,5
Jahre nach OP	7,5	7,3	8,8
Nach DUCROQUET vorbe- handelte Mädchen	13	8	16
mittleres Alter	15,5	14,5	14,3
Größe	154,5	156,9	155,9
theoret.Größe lt. 76)	161,7	160,4	160,1
Verkürzung durch Skol.	7,2	3,5	4,2
DUCROQUET-Extension (cm)	7,6	6,4	6,0
Ausgangskrümmung	59°	42°	53°
Endkorrektur (°F)	5,9	0,4	2,8

Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Allgemeines

In Tab. 2 ist eine große Zahl von Meßwerten zusammengestellt, die in den anschließenden Tabellen nach verschiedenen Kriterien ausgewertet wurden. Ein Vergleich dieses umfangreichen Zahlenmaterials mit den Ergebnissen anderer Autoren gestaltet sich äußerst schwierig, da deren Angaben meist nur sehr unzureichend sind. Oftmals werden nur die relativen Korrekturen oder Korrekturverluste veröffentlicht, ohne daß die übrigen Daten oder die absoluten Werte angegeben sind. Überdies beschränken sich die Berichte häufig nur auf die relativ guten Ergebnisse der Skolioseoperationen. Alle diese Mängel spiegeln sich auch in den zahlreichen Lücken einer Tabelle mit Operationsergebnissen wider, die SCHEIER ⁶⁷⁾ aus der Literatur zusammengestellt hat.

Ferner kommt noch hinzu, daß die Winkelausmessung in einigen Arbeiten nach der Methode von COBB ¹⁰⁾ erfolgte, so daß diese Angaben keinen Vergleich mit den hier nach FERGUSON gemessenen Graden zulassen; denn die Methode von COBB ergibt sowohl absolut als auch relativ (!) bessere Korrekturergebnisse. Aus diesen Gründen ist es hier nur in Einzelfällen möglich, die gefundenen Werte mit den jeweils veröffentlichten Ergebnissen zu vergleichen.

Ausgangsmaterial

Ätiologie: In der überwiegenden Mehrzahl handelt es sich bei den hier untersuchten Fällen um idiopathische Skoliosen (70,5 %). Die paralytischen Skoliosen mit 23,5 % sind stärker vertreten, als es ihrem Anteil an der Gesamtheit der skoliotischen Erkrankungen entspricht. Daraus geht hervor, daß sie viel häufiger zur Progredienz neigen und dadurch eine Operation erforderlich machen. Bei den operierten Skoliosen

anderer Autoren ist der Anteil der paralytischen Fälle sogar noch größer (z.B. MOE ⁴⁷⁾: 40 %; BLOUNT ⁷⁾: 43%; SCHEIER ⁶⁷⁾: 48 %). Die Mißbildungsskoliosen nahmen nur einen unbedeutenden Prozentsatz (6 %) der hier untersuchten Fälle ein. Die ätiologische Aufteilung des Untersuchungsmaterials entspricht übrigens recht genau der von HUBER ⁵²⁾: 70 % idiop., 24,4 % paral., 5,6 % Mißbildungen.

Innerhalb der ätiologischen Gruppen fällt die unterschiedliche Verteilung nach dem Geschlecht auf: Während das Verhältnis Mädchen : Jungen bei den idiopathischen Skoliosen 6 : 1 beträgt, ist es bei den paralytischen 2 : 1. Der Gesamtanteil der weiblichen Fälle betrug 82 %.

Alter: Das Lebensalter der Patienten lag zum Zeitpunkt der Operation im Durchschnitt bei 15,2 Jahren, wobei die Grenzwerte 10,8 und 23,5 Jahre betrug. Rund 80 % der Fälle waren zwischen 13 und 16 Jahre alt. Während das durchschnittliche Operationsalter bei idiopathischen (15,5 Jahre) und paralytischen Skoliosen (15,0) annähernd gleich ist, liegt es bei den Mißbildungsskoliosen wesentlich tiefer (12,4 J.). In diesen Fällen wurde auf Grund der schlechten Prognose und des starken Krümmungswinkels bereits eine frühzeitige Operation erforderlich.

Die in der Literatur vorliegenden Angaben über das jeweilige Operationsalter schwanken beträchtlich. Die Extremwerte betragen bei RISSER ⁵⁸⁾ 1 Jahr und 39 Jahre, bei GOLDSTEIN ¹⁹⁾ 8 und 26 Jahre. Während STAGNARA ⁷⁴⁾ nicht unter 13 Jahren operiert, liegt bei BLOUNT ⁷⁾ die obere Altersgrenze bei etwa 13 Jahren. CALANDRIELLO ⁹⁾ empfiehlt, das Operationsalter vorzuverlegen (auf 10 Jahre), MOE und Mitarb. ⁴⁸⁾ plädieren für ein späteres Operationsalter (Durchschnitt: 16,8 Jahre) und SCHEIER ⁶⁷⁾ versucht, auf Grund des voraussichtlichen Wachstumsverlustes infolge Spondylodese die untere Altersgrenze genau zu berechnen (Mädchen: 9 Jahre, Jungen: 11,5 Jahre). Wie bereits oben erwähnt, gibt es bisher noch keine festen Maßstäbe in dieser Frage. In den meisten Arbeiten liegt der Altersdurchschnitt jedoch bei 12 - 16 Jahren.

Hier lag das Alter bei den Mädchen (15,2 J.) praktisch ebenso hoch wie bei den Jungen (15,3 J.). Das besagt eigentlich, daß das Skelettalter der Mädchen wesentlich höher liegen müßte als das der Jungen. Aus diesem Grunde wurde in Tab.5 zusätzlich eine Auswertung nach dem RISSER-Zeichen vorgenommen. Da das Entwicklungsstadium der Darmbeinkammapophyse eine bessere Aussage über das hier entscheidende Wachstum der Wirbelsäule ermöglicht, werden dadurch einige Zusammenhänge (z.B. mit der Endkorrektur) deutlicher erkennbar. Die breite Streuung des Lebensalters innerhalb der einzelnen RISSER-Stadien ist beachtlich. Während sich in einem Fall ein Mädchen mit 15,4 Jahren noch im Stadium I befindet, existiert ein anderer Fall, bei dem bereits mit 12,5 Jahren das Stadium III erreicht ist. Es fällt jedoch auf, daß der Altersdurchschnitt in den einzelnen Stadien nicht die erwarteten Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern aufweist.

Hauptkrümmungsgrad: Der kleinste Krümmungswinkel vor der Behandlung, bei dem eine Operation durchgeführt wurde, lag bei 26°F , während die maximale Krümmung 116°F erreichte. Der Durchschnitt aller Fälle betrug 54°F und lag damit in dem Bereich, der auch in anderen vergleichbaren Veröffentlichungen genannt wird. Eine genauere Aufschlüsselung ist in Tab. 6 enthalten. Daraus geht hervor, daß fast die Hälfte aller Fälle (45 %) mäßig schwere Skoliosen waren.

Die Aufteilung nach der Ätiologie zeigt, daß die paralytischen Skoliosen mit 62°F stärkere Krümmungen aufwiesen als die idiopathischen (51°F).- Wenngleich sich aus Tab. 4 Anhaltspunkte für ein Ansteigen der Ausgangskrümmung mit zunehmendem Alter ergeben, so beweist die Aufteilung nach dem Schweregrad doch, daß der Altersdurchschnitt in den einzelnen Gruppen recht gleichmäßig verteilt ist. Auch die Auswertung nach dem RISSER-Zeichen läßt erkennen, daß bei den Patienten in fortgeschrittenem Entwicklungsstadium keine stärkeren Krümmungswinkel existierten.

Höhe der Primärkrümmung: Der Sitz der Primärkrümmung bei den hier untersuchten Patienten geht aus Abb. 6 hervor, in der die Anzahl der Fälle in Abhängigkeit von der Höhe des Scheitelwirbels und der Konvexität der Krümmung aufgetragen ist.

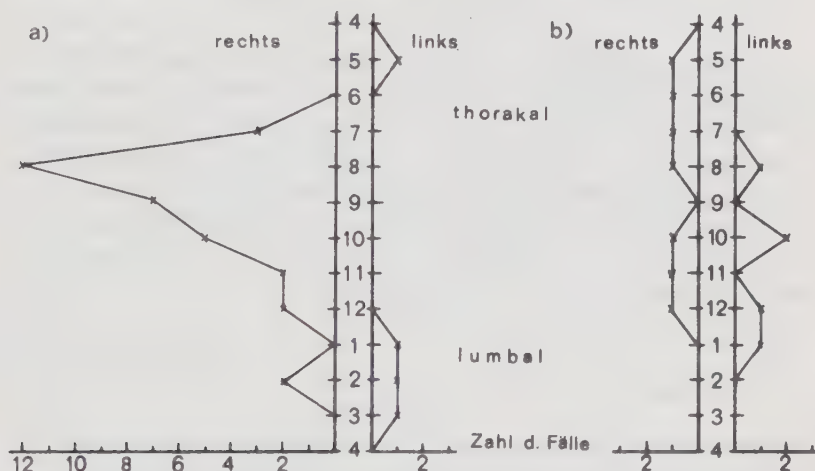


Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der Scheitelwirbel

a) Idiopathische Skoliosen b) Paralytische Skoliosen

Das Bild zeigt besonders anschaulich, daß bei den idiopathischen Skoliosen in der Mehrzahl der Fälle eine rechtskonvexe Krümmung mit dem Mehrpunkt in Höhe des 8. Thorakalwirbels vorliegt. Faßt man damit noch beidseitig den nächsten angrenzenden Wirbel zusammen, so kommt man auf einen Anteil von 61 % aller idiopathischen Skoliosen. Diese Angaben bestätigen die bereits oben gegebene Beschreibung der Skoliosen. Der Kurvenverlauf stimmt auch recht gut mit einer entsprechenden Abbildung bei SCHEIER⁶⁷⁾ überein.

Demgegenüber zeigen die paralytischen Skoliosen eine gleichmäßig gestreute Häufigkeit der Höhe und Konvexität der Krümmung, obwohl auch hier in 50 % der Fälle eine thorakale Form vorlag.

Eine genaue Aufteilung der Fälle nach der Höhe der Primärkrümmung wird in Tab. 7 gegeben. Dabei fallen speziell die Unterschiede in der Stärke der Ausgangskrümmung auf: Die stärksten Krümmungswinkel finden sich bei den zervicothorakalen Skoliosen mit 71°F , während die lumbalen nur eine durchschnittliche Krümmung von 41°F aufweisen.

Sekundärkrümmung: Bei insgesamt 35 Patienten wurde eine wesentliche Sekundärkrümmung ermittelt. Ihr durchschnittlicher Krümmungswinkel vor der Behandlung betrug 38°F (70 % der Primärkrümmung). Als Minimum wurden 19°F gemessen, das Maximum lag bei 70°F . Keine stärkeren Nebenkrümmungen wurden bei den Mißbildungsskoliosen beobachtet. Auch die paralytischen Skoliosen zeigten nur in der Hälfte der Fälle eine ausgeprägte Sekundärkrümmung (idiopathische: 80 %).

Vorbehandlung

Die Wirksamkeit der praeoperativen Behandlung äußert sich in zwei Größen, die einer objektiven Messung zugänglich sind:

- a) der Zunahme der Körperlänge durch die Extension im DUCROQUET-Korsett;
- b) der Verringerung des Winkels der Primärkrümmung durch die Behandlung mit dem Umkrümmungsquengelgips bzw. mit dem Localizer-Gips.

Eine Kombination beider Meßgrößen für die einzelnen Behandlungsstufen konnte hier leider nicht vorgenommen werden, da nach der DUCROQUET-Extension keine Röntgenaufnahme gemacht worden war. Somit ist es nicht möglich, einen direkten Zusammenhang zwischen dieser Extension und der dadurch bedingten Korrektur des Krümmungswinkels aufzuzeigen. Umgekehrt kann man keine isolierte Aussage über den Erfolg der Gipsbehandlung allein machen, da die als "praeoperative Korrektur" bezeichnete Verringerung des Krümmungswinkels sowohl durch die DUCROQUET-Extension als auch durch die Korrektur im Gipskorsett erzielt wurde.

Behandlung mit dem DUCROQUET-Korsett

Von den 51 Patienten wurden 49 mit dem DUCROQUET-Korsett behandelt, davon 40 Mädchen und 9 Jungen. Da in einigen Fällen die Unterlagen unvollständig waren, kamen nur 37 Mädchen und 8 Jungen zur Auswertung. Als Untersuchungsergebnisse wurden die Körpergrößen vor und nach der Behandlung gemessen. Aus der Differenz ergibt sich die erreichte Extension. Da die normalen Körpergrößen starke Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern aufweisen, mußten sie auch getrennt ausgewertet werden. Die geringe Zahl von 8 Fällen ließ eine statistische Auswertung der Jungen jedoch nicht zu, so daß die Gruppe der nach DUCROQUET behandelten Mädchen gesondert betrachtet wurde. In allen Tabellen zur Auswertung dieser Gruppe wurde das mittlere Alter der jeweiligen Teilgruppen errechnet und damit die Körpergröße ermittelt, die ein gesundes Mädchen als Mittelwert haben mußte ("theoretische Größe"). Diese Werte wurden den wissenschaftlichen Tabellen der Fa. GEIGY ⁷⁶⁾ entnommen.

Wie erwartet zeigt sich durch die skoliotische Verkrümmung eine z.T. beachtliche Verkürzung der Körpergröße, die mit steigendem Schweregrad zunimmt (Tab. 6) und bei den sehr schweren Skoliosen 14,2 cm (d.h. 10 %) erreicht. Diese Abhängigkeit wird in Abb. 7 deutlich dargestellt.

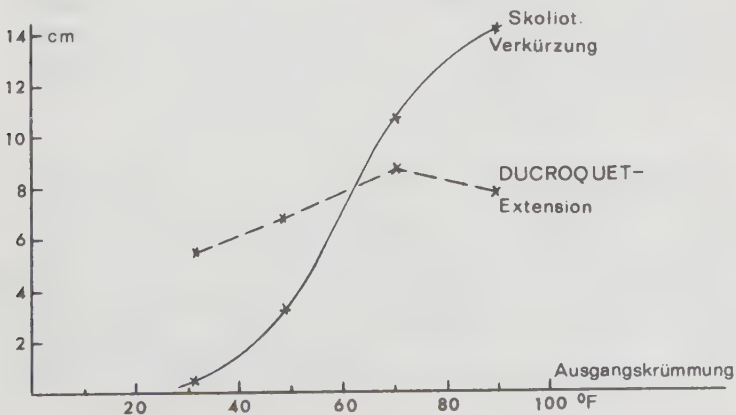


Abb. 7: Abhängigkeit der skoliotischen Verkürzung vom Krümmungswinkel

Auch wenn man die Fälle nach den einzelnen Kriterien aufteilt, ergibt sich keine wesentliche Abweichung von dieser Kurve (mit zunehmendem Alter wird die Verkürzung etwas geringer als dem Kurvenverlauf entspräche; die paralytischen Fälle sind weniger verkürzt als die idiopathischen und Mißbildungsskoliosen).

Die durch das DUCROQUET-Korsett bewirkte Extension sollte die Wirbelsäule lockern und aufrichten, um so die Verkürzung zu beseitigen. Wenn man die durchschnittliche Verkürzung (5,1 cm) mit der Extension (6,9 cm) vergleicht, so kann man sehen, daß dieses Ziel sogar überschritten wurde. Allerdings wird dadurch die Problematik der "theoretischen Körpergröße" aufgedeckt; denn die Patienten müßten also über ihre natürliche Größe hinaus gestreckt worden sein, obwohl sie nach der gesamten Vorbehandlung noch eine mittlere Krümmung von 34° aufwiesen. Vermutlich sind die Angaben über die theoretische Körpergröße für die hier untersuchten Patienten etwas zu klein ausgefallen, was seine Ursache im Überwiegen der Großstadtkinder und der daraus folgenden Akzeleration finden dürfte. Da davon aber alle hier errechneten Zahlen in gleicher Weise betroffen werden, würde eine Korrektur der theoretischen Größe nur eine lineare Verschiebung ergeben, die den Trend der Daten unbeeinflußt läßt.

Die Auswertung der DUCROQUET-Behandlung nach den verschiedenen Kriterien zeigt zunächst einmal, daß die Extension bei den paralytischen Skoliosen recht groß war. Da die Wirbelsäule bei dieser Krankheit besonders locker ist, dürfte das auch die Ursache einer leichteren Aufrichtung sein.

Überraschenderweise zeigt sich aus Tab. 4 ein deutlicher Anstieg der Extension mit wachsendem Alter. Da sich die Wirbelsäule mit zunehmendem Alter verfestigt, sollte eigentlich der umgekehrte Effekt eintreten. Dies war ja auch die Begründung dafür, daß ältere Patienten von der DUCROQUET-Behandlung ausgespart blieben. Andererseits zeigt aber die Auswertung nach dem RISSER-Stadium keinen deutlichen Anstieg der Extension mit fortgeschrittener Entwicklung. Diese Ergebnisse las-

sen sich wie folgt deuten: Die Behandlung mit dem DUCROQUET-Korsett liegt praktisch ganz in den Händen des Patienten. Ihre Wirksamkeit hängt zunächst einmal von der Intensität seiner Bemühungen ab. Diese aber dürfte mit fortschreiten-dem Alter in dem Maße zunehmen, wie Reife und Willenskraft der Patienten wachsen, zumal gerade den Mädchen die kosmetischen Auswirkungen der Skoliose deutlicher bewußt werden. Immerhin kann aus diesen Befunden doch gefolgert werden, daß das Alter keine Kontraindikation zur DUCROQUET-Behandlung ist.

Betrachtet man die Extension in Abhängigkeit vom Schweregrad (Abb.7), so zeigt sich zwar ein geringer Anstieg der Extensionskurve, doch steht er in keinem Verhältnis zur Verkürzung durch die Skoliose. Eigentlich sollte man hier erwarten, daß sich mit zunehmender Verkürzung gegenüber der theoretischen Größe auch die Extension steigert. In Wirklichkeit kommt es im letzten Teil dieser Kurve sogar zu einem geringen Abfall. Das bedeutet, daß hier längst nicht die Aufrichtung der Wirbelsäule erfolgt ist, die optimal möglich wäre. Bedenklich stimmt aber auch der erste Teil dieser Kurve. Er besagt, daß Patienten, die gegenüber der theoretischen Größe nur geringfügig verkürzt waren (z.B. um 0,5 cm) jetzt wesentlich stärker (um 5,4 cm) gestreckt wurden. Es ist zu erwarten, daß sich die Korrektur durch eine derartige Überstreckung später nicht halten läßt, so daß man hier bereits von einer Überkorrektur sprechen kann. Das dürfte mit die Ursache dafür sein, daß die Korrekturverluste bei der Gesamtzahl der leichten Skoliosen praktisch 100 % betragen. Aber auch in der hier betrachteten Gruppe der nach DUCROQUET behandelten Mädchen wird der Zusammenhang zwischen Extension und Endkorrektur ersichtlich. Besonders deutlich geht dies aus dem fast parallelen Kurvenverlauf der relativen DUCROQUET-Extension und der relativen Endkorrektur hervor (Abb. 8), durch den die Bedeutung dieser Vorbehandlung noch unterstrichen wird.

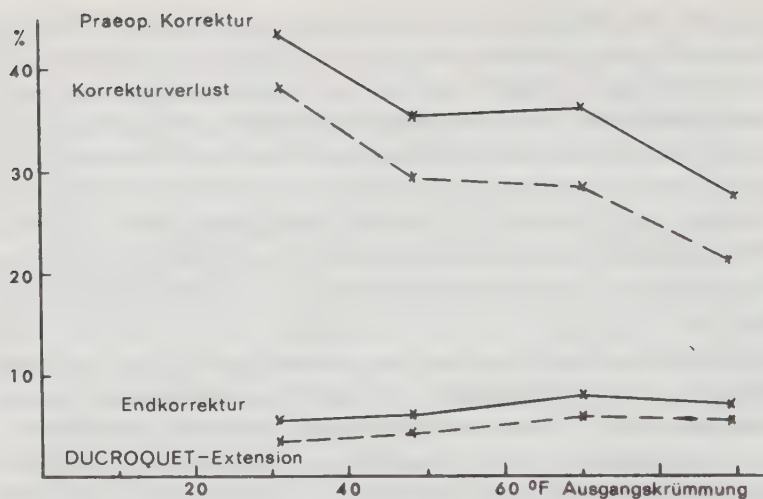


Abb. 8: Zusammenhänge zwischen Vorbehandlung und Endresultat

Um die Wirksamkeit und Notwendigkeit der DUCROQUET-Extension exakt beurteilen zu können, wäre ein Vergleich mit einer unbehandelten Gruppe erforderlich. Aus dem hier vorliegenden Material ist das leider nicht möglich, da nur zwei Mädchen ohne DUCROQUET-Korsett lediglich durch einen Umkrümmungsquengelgips behandelt wurden. Es muß aber festgestellt werden, daß die hier erzielte Korrektur durch die kombinierte Vorbehandlung nicht höher ist als bei anderen Autoren, die nur ein Gipskorsett verwendeten.

Praeoperative Korrektur

Wie bereits einleitend gesagt wurde, enthalten die als praeoperative Korrektur gemessenen Winkel sowohl die Auswirkungen der Behandlung im Gipskorsett als auch im DUCROQUET-Korsett. Betrachtet man jedoch die Zusammenhänge zwischen Vorbehandlung und Endresultat (Abb. 8), so zeigt sich, daß die Kur-

ve für die relative praeoperative Korrektur im Gegensatz zu der der DUCROQUET-Extension parallel zu den relativen Korrekturverlusten verläuft. Das wird vor allem für die leichten Skoliosen bedeutsam, bei denen die verhältnismäßig starke praeoperative Korrektur zu größeren Korrekturverlusten und damit auch zu einer geringeren Endkorrektur führt. Sowohl die DUCROQUET-Extension als auch - in noch stärkerem Maße - die Korrektur im Gipskorsett haben hier zu einer Überkorrektur geführt, die von der nachfolgenden Versteifung nicht gehalten werden konnte. Demgegenüber hätte die Korrektur bei den sehr schweren Skoliosen noch stärker forciert werden können. Dieser Sachverhalt wird recht deutlich, wenn man eine Auswertung nach der relativen praeoperativen Korrektur vornimmt (Tab. 8). Es ergibt sich eine rasche Zunahme des relativen Korrekturverlustes und dadurch auch eine Verringerung der Endkorrektur, wenn die optimale Korrektur (hier etwa 37 %) überschritten wird (Abb.9). Bedeutend schlechtere Ergebnisse erhält man aber doch bei einer ungenügenden Korrektur, so daß deren Bedeutung auch hierdurch nochmals unterstrichen wird.

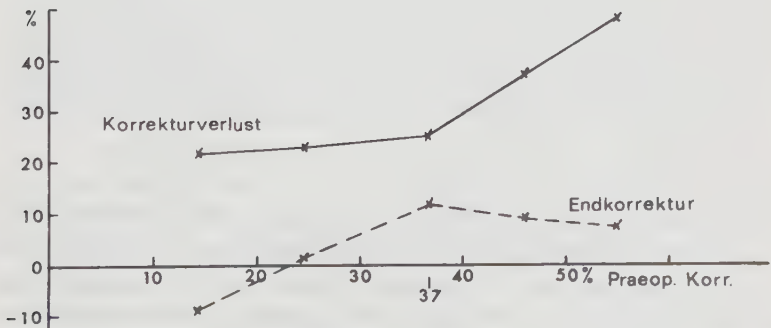


Abb. 9: Abhängigkeit des Korrekturverlustes und der Endkorrektur von der relativen praeoperativen Korrektur

Die hier erzielten praeoperativen Korrekturen reichen von 4° F bis 52° F. In der Hälfte der Fälle liegen sie zwischen 10 und 20° F. Der Gesamtdurchschnitt beträgt 20° F und erreicht damit 37 % der Ausgangskrümmung. Dieser Wert liegt etwa im gleichen Bereich wie in einigen anderen Veröffentlichungen (z.B. SCHEIER⁶⁷⁾: 39 %, STAGNARA⁷⁴⁾: 38 %, MOE⁴⁷⁾: 36-50 %; auch MAU⁴⁵⁾ gibt an, daß die "intensive Korrektur" durch Redression durchschnittlich 20° F beträgt). Andererseits existieren aber auch Arbeiten, in denen eine mittlere Korrektur von 57 % erreicht wird, ohne daß es später zu besonders großen Korrekturverlusten gekommen ist (RISSER⁵⁸⁾). Daraus ergibt sich, daß die eben gemachten Ausführungen über eine zu starke Korrektur durch die Vorbehandlung nur in Zusammenhang mit der hier angewandten Operationsmethode voll gültig sind.

Die Untersuchung der praeoperativen Korrektur nach einzelnen Kriterien zeigt zunächst einen überdurchschnittlichen Wert bei paralytischen Skoliosen, der bereits bei der DUCROQUET-Extension mit dem verhältnismäßig lockeren Haltungsapparat bei Poliomyelitis begründet wurde. Die erwartete Abhängigkeit der Korrektur vom Alter oder auch vom RISSER-Stadium konnte nicht bestätigt werden. Dagegen zeigen sich einige Unterschiede der praeoperativen Korrektur in Abhängigkeit von der Höhe der Primärkrümmung: Eine auffallend große Korrektur von 51 % wurde bei den thorakolumbalen Skoliosen gefunden, während das Minimum (17 %) bei den zervicothorakalen lag.

Die kombinierte Vorbehandlung, die im Oskar-Helene-Heim praktiziert wurde, bewirkte eine recht gleichmäßige Streckung der gesamten Wirbelsäule. Dies wird vor allem durch die praeoperative Korrektur der Sekundärkrümmungen bewiesen, die mit durchschnittlich 17,4° F ebenfalls 39 % der Ausgangskrümmung betrug. Die mehrfach geäußerten Einwände gegen den Umkrümmungsquengelgips, von dem eine Verschlimmerung der Sekundärkrümmung befürchtet wurde, können damit widerlegt werden.

Korrekturverluste

Der wichtigste Maßstab für den Erfolg einer Skolioseoperation ist die Korrektur, die sich als Endergebnis einstellt. Dabei ist es jedoch sehr wichtig, die Patienten über lange Zeit hinweg zu beobachten, da es nach der Operation noch zu beträchtlichen Verlusten der ursprünglichen Korrektur kommen kann. Die Länge dieses postoperativen Beobachtungszeitraums schwankt in den Literaturangaben beachtlich. Häufig werden bereits nach einem Jahr abschließende Ergebnisse veröffentlicht. Es zeigt sich jedoch immer wieder, daß auch später noch Korrekturverluste eintreten können, vor allem dann, wenn die Patienten noch vor Abschluß der Wachstumsphase operiert wurden. Daher wurde in dieser Arbeit ein möglichst später Untersuchungszeitpunkt angestrebt.

Als Gesamtkorrekturverlust wurde hier ein durchschnittlicher Betrag von $16,7^{\circ}\text{F}$ gemessen. Das entspricht 31 % der Ausgangskrümmung bzw. 84 % der praeoperativen Korrektur. Dieser Wert muß als recht hoch angesehen werden; denn in den wenigen Arbeiten, in denen konkrete Angaben darüber gefunden wurden, lagen die Werte stets unter 50 % der praeoperativen Korrektur (BLOUNT ⁷⁾: 44 %, MOE ⁴⁷⁾: 30 %, SCHEIER ⁶⁷⁾: 33 % und 15%). Die Verluste der praeoperativen Korrektur beeinträchtigen aber in sehr starkem Maße die Endkorrektur (Tab. 9). Eine graphische Darstellung dieser Werte (Abb. 10) zeigt, daß der Korrekturverlust in der Gruppe mit dem schlechtesten Enderesultat (Verschlechterung um mehr als 10 % der Ausgangskrümmung) sogar 200 % der praeoperativen Korrektur beträgt.

Die absolute Größe des Korrekturverlustes gliedert sich wie folgt auf:

Korrekturverlust	0 - 10°F	in	14 Fällen	(28 %)
"	11 - 20°F	"	21 "	(41 %)
"	über 20°F	"	16 "	(31 %)

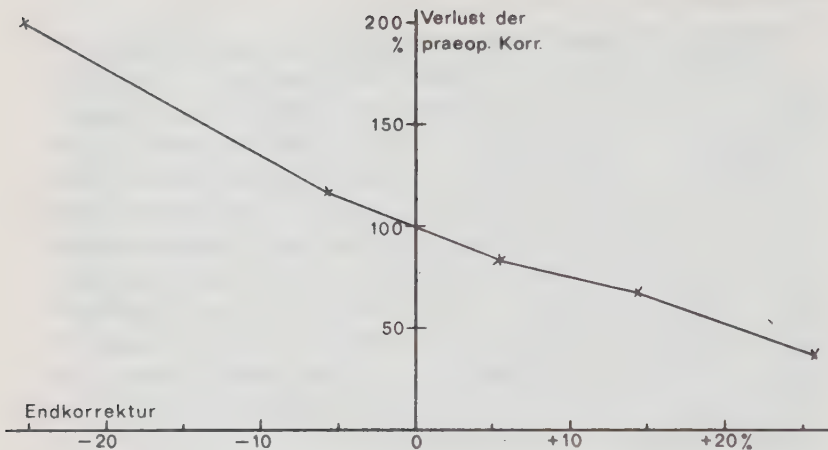


Abb. 10: Zusammenhang zwischen rel. Endkorrektur und Korrekturverlust

Eine weitere Aufschlüsselung der Korrekturverluste läßt erkennen, daß die Werte bei paralytischen Skoliosen besonders groß sind ($21,2^{\circ}\text{F}$). Bei den älteren Patienten konnte die Korrektur besser gehalten werden als bei jüngeren. Beispielsweise betrug der Korrekturverlust in der Altersgruppe von 19-24 Jahren nur $9,4^{\circ}\text{F}$ (59 % d. praeop. Korrektur). Noch deutlicher wird dies bei der Auswertung nach dem RISSER-Zeichen: Im Stadium I gehen 94 % der Korrektur verloren, nach Vollendung der Apophyse nur noch 52 %.

Auch vom Schweregrad wird der Korrekturverlust beeinflusst. Während die praeoperative Korrektur bei den leichten Skoliosen zu 100 % wieder verlorengelassen, ist dies bei den sehr schweren nur zu 69 % der Fall.

Besonders interessant sind die Zusammenhänge mit der Spineinheilung, da sie im Gegensatz zu den allgemein geäußerten Ansichten stehen. Es zeigt sich nämlich, daß die Korrekturverluste bei den Pseudarthrosen (77 %) geringer sind als bei

normaler Späneinheilung (83 %). Das läßt darauf schließen, daß auch bei einer Späneinheilung ohne Befund keine wirklich stabile Versteifung erreicht werden konnte. Die größten Korrekturverluste traten allerdings in den Fällen auf, in denen es zur Spanresorption gekommen war (99 %).

Um eine Aussage über die einzelnen Ursachen der Korrekturverluste machen zu können, wurden diese hier in drei Etappen aufgeteilt:

- a) den Halteverlust, der während des Zeitraumes der postoperativen Gipsfixation im Liegen auftritt;
- b) den freien Verlust, der nach dem Ablegen des Gipskorsettes beim Aufstehen eintritt;
- c) den Spätkverlust, der die langfristigen Korrekturverluste umfaßt, die nach dem freien Verlust noch auftreten können.

Die beiden ersten Begriffe wurden in Anlehnung an RISSER ⁵⁸⁾ und MAU ⁴⁵⁾ definiert.

Der Halteverlust betrug im Gesamtdurchschnitt $5,4^{\circ}$ entsprechend 10 % der Ausgangskrümmung bzw. 27 % der praeoperativen Korrektur. Dieser Verlust erscheint relativ hoch, da er doch in einer Periode ohne Belastung der Wirbelsäule auftritt. Hierfür sind vermutlich zwei Ursachen zu nennen:

- a) Da der Gips zur Operation gefenstertert wird, kann dadurch die korrigierende Druckkraft (speziell auf den Gibbus) aufgehoben werden.
- b) Die Periode der Gipsfixation kann zu kurz sein.

Vergleichende Zahlenangaben in anderen Arbeiten fehlen fast immer. Bei SCHEIER ⁶⁷⁾ sind die Halteverluste in der zweiten Operationsserie mit $8,8^{\circ}$ (14 % der Ausgangskrümmung bzw. 33 % der praeoper. Korrektur) sogar noch höher als hier. In der letzten Serie konnten die Ergebnisse bei SCHEIER aber auf $2,2^{\circ}$ (4 bzw. 8,5 %) gesenkt werden. Dies war vor allem auf das Anlegen eines neuen Gipses nach der Operation unter erneuter Korrektur zurückzuführen.

Die Aufschlüsselung der hier gefundenen Werte zeigt, daß der Halteverlust in direkter Beziehung zur praeoperativen Korrektur steht und recht konstant bei 25 - 30 % dieser Größe bleibt. Abweichungen davon zeigen sich nur bei der Auswertung nach der Endkorrektur: Je größer der relative Halteverlust (bezogen auf die praeop. Korrektur) ist, desto schlechter wird auch das Endergebnis. Daraus kann also bereits 3 Monate nach der Operation eine erste Aussage über deren bleibenden Erfolg gemacht werden.

Als freier Verlust wurde nach MAU ⁴⁵⁾ der Korrekturverlust nach Ablegen der Fixationsmittel bis zum Ende der Untersuchung definiert. Hier wird darunter jedoch lediglich der Teil verstanden, der durch das Ablegen aller Fixationsmittel auftritt und beim stehenden Patienten gemessen wird. Diese Messung erfolgte durchschnittlich ein Jahr nach der Operation. Später eintretende Veränderungen des Krümmungswinkels werden hier als Spätverlust bezeichnet und gesondert betrachtet.

Die Untersuchungen ergaben einen freien Verlust von durchschnittlich 8,5° (15,8 % der Ausgangskrümmung bzw. 42,5 % der praeop. Korrektur). Verständlicherweise liegt dieser Wert deutlich höher als der Halteverlust. Nur bei den Mißbildungsskoliosen sind überraschenderweise beide Verluste gleich groß (20 % der praeop. Korr.).

Der freie Verlust zeigt keinen parallelen Verlauf zur praeoperativen Korrektur. Da er das Endergebnis besonders nachhaltig beeinflußt, zeigen sich jedoch direkte Beziehungen zum Gesamtkorrekturverlust: Er fällt mit steigendem RISSER-Stadium und zunehmendem Krümmungsgrad der Skoliose. Während er bei besonders schlechter Endkorrektur doppelt so groß ist wie der Halteverlust, wird er bei guten Operationsergebnissen ebenso groß.

Ein Vergleich dieser Werte mit Literaturangaben ist nicht möglich, da der freie Verlust nirgends in dieser Weise angegeben wird. Auf Grund der Analogie zum gesamten Korrektur-

turverlust kann man jedoch erkennen, daß die hier gemessenen Ergebnisse wesentlich schlechter sind als in anderen Veröffentlichungen.

Als Ursache des freien Verlustes sind vor allem zwei Faktoren zu berücksichtigen:

- a) Schwäche der Versteifungsmasse infolge von Umbau- und Abbauvorgängen, die dann zur Pseudarthrose oder Resorption führen;
- b) falsche oder zu geringe Ausdehnung des Versteifungsbezirks.

Da beide Ursachen auch für den hier gefundenen Korrekturverlust verantwortlich gemacht werden, sollen sie noch gesondert behandelt werden (s.u.).

Spätverlust: Auch eine genaue Untersuchung der Spätverluste konnte in der Literatur bisher nicht gefunden werden. Nach der allgemeinen Ansicht ändert sich der Krümmungswinkel nach mehr als zwei Jahren nach der Operation nicht mehr. Da wir jedoch wiederholt entgegengesetzte Beobachtungen machen konnten, sollte diesen späteren Veränderungen hier besonders nachgegangen werden.

Die Untersuchungen für den Spätverlust begannen etwa ein Jahr nach der Operation. Der gesamte Beobachtungszeitraum betrug im Mittel 8,3 Jahre und reichte von 3 Jahren bis maximal 13 Jahre. In dieser Zeit wurde durchschnittlich ein Spätverlust von $2,8^{\circ}\text{F}$ gemessen (5,2 % d. Ausgangskrümmung bzw. 17 % des gesamten Korrekturverlustes). Daraus errechnet sich ein Korrekturverlust von $0,3^{\circ}\text{F}$ pro Jahr. Dieser Betrag ist äußerst gering und direkt gar nicht einmal meßbar. Unterteilt man die Spätverluste jedoch nach ihrer Größe, so zeigt sich, daß nur ein Drittel aller Fälle praktisch unverändert blieb:

rel. Spätverlust: (bez.a.d.Ausgangskr.)	bis -3%	-3bis+3%	4-10%	11-20%	über 20%
Anzahl der Fälle:	6	17	17	7	4

Bei ebenso vielen Patienten betrugen die Spätverluste immerhin zwischen 4 und 10°F. In der Gruppe mit dem stärksten Spätverlust (4 Fälle) lagen sie durchschnittlich sogar bei 32,8 % der Ausgangskrümmung bzw. 69 % der praeop. Korrektur. Dabei ist hervorzuheben, daß in dieser Gruppe weder Fälle mit Pseudarthrosen noch mit Spanresorption gefunden wurden. Zusammenhänge mit der Späteinheilung ließen sich auch in den anderen Gruppen nicht herstellen.

Überraschend ist die Tatsache, daß es bei sechs Patienten im Spätstadium zu einer deutlichen Korrekturzunahme gekommen ist, die durchschnittlich 9,2 % betrug (Maximum: 9°F = 24 % d. Ausgangskrümmung). Eine Erklärung dafür läßt sich wohl nur schwer finden, da sich ein derartiger Erfolg kaum durch die Krankengymnastik begründen läßt.

Bei den Mißbildungsskoliosen macht der Spätverlust mit 8,3°F immerhin 56 % des gesamten Korrekturverlustes aus. Dies ist vor allem auf einen Fall (Nr. 50) zurückzuführen, in dem erst nach dem Aufstehen Progredienz eintrat, die zu einem Spätverlust von 19°F führte. Als Endkorrektur resultierte aber dennoch eine Verbesserung um 3°F. In einem anderen Fall kam es bei einer paralytischen Skoliose sogar zu einem Spätverlust von 22°F. Auch in diesen beiden Fällen waren keine Fehler in der Späeinheilung festzustellen.

Der Spätverlust fällt mit zunehmendem Alter ab (Tab. 4). In der Gruppe der ältesten Patienten ist sogar noch eine geringe Korrekturzunahme festzustellen (2°F). Das zeigt erneut, daß die Spondylodese die durch das pubertäre Wachstum bedingte Progredienz nicht völlig auffangen konnte.

Schließlich ist auch ein deutlicher Zusammenhang mit der Endkorrektur erkennbar: Je besser die Endkorrektur (sowohl absolut als auch relativ), desto geringer wird der Spätverlust und sein Anteil am gesamten Korrekturverlust (Tab. 9). Die Fälle, in denen die rel. Endkorrektur über 20 % lag, zeigten gar keine Spätverluste mehr. Demnach ist gerade bei weniger befriedigenden Ergebnissen auch in späteren Jahren noch mit

einer Verschlechterung zu rechnen, so daß in diesen Fällen eine erneute Operation zweckmäßiger wäre.

Diese Befunde zeigen, daß der Spätverlust in einigen Fällen doch recht bedeutsam werden kann. Deshalb kann erst längere Zeit nach einer Operation eine echte Aussage über den Behandlungserfolg gemacht werden. Veröffentlichungen, die nicht einen postoperativen Beobachtungszeitraum von mindesten 6-8 Jahren umfassen, können nur eine Orientierung darstellen.

Spaneinheilung

Fistelbildung: Ernste Komplikationen der Spaneinheilung traten bei der hier untersuchten Gruppe nur in einem Fall auf, in dem es zu einer Infektion mit nachfolgender Fistelbildung und Abstoßung des Transplantats kam. Dadurch ging nicht nur die vorher erzielte Korrektur verloren, sondern es kam zusätzlich noch zu einer Verschlimmerung der Skoliose um 51 % (18°F). Da in der nicht untersuchten Patientengruppe ebenfalls noch ein Fall von Fistelbildung eingetreten war, kann also auch für die Gesamtzahl aller 102 operierten Patienten ein Anteil von 2 % derartiger Komplikationen angegeben werden. Diese Quote liegt wesentlich niedriger als in vergleichbaren Veröffentlichungen.

Spanresorption: In einigen Fällen zeigten die Röntgenaufnahmen recht deutlich ein partielles Fehlen der Versteifungsspäne. Das beweist, daß das transplantierte Knochenmaterial vom Organismus resorbiert worden ist. In den meisten derartigen Fällen wurde der Span um ein bis zwei Wirbelkörper am kaudalen oder kranialen Ende verkürzt, so daß dadurch ein wesentlicher Versteifungsverlust eintrat. Diese Resorption erfolgte bereits in den ersten Monaten nach der Operation und äußerte sich in einem besonders hohen freien Verlust (Tab.10): Während er bei den anderen beiden Gruppen etwa 35 % der praeop. Korrektur betrug, lag er im Falle der Resorption bei 73 %

(11,5°F). Als Folge davon lag die Endkorrektur hier auch besonders niedrig (0,2°). Praktisch konnte also nur die Ausgangskrümung gehalten werden.

Insgesamt wurde in 10 Fällen eine Spanresorption beobachtet. Das entspricht immerhin einem Anteil von 20 %. Die Auswertung nach der Ätiologie zeigt, daß Resorption nur bei idiopathischen Skoliosen gefunden wurde, nicht aber bei paralytischen oder Mißbildungsskoliosen. Innerhalb dieser Gruppe erhöht sich der Anteil dadurch auf 47 %. - Aus Tab. 4 ergibt sich eine größere Häufung bei den jüngsten Patienten. Das maximale Alter lag bei 16,2 Jahren.

Als Ursache der Spanresorption sind Umbau- und Abbauvorgänge anzusehen. Offensichtlich ist es durch die Verwendung von heterogenem Knochenmaterial zu einer Antigen-Antikörper-Reaktion zwischen Wirtszellen und Transplantat gekommen, die zur Abtötung des Transplantats geführt hat. Aus Tierexperimenten ist heute bekannt, daß es auch bei der Übertragung von homogenen Knochen zu dieser Reaktion kommen kann. Durch histologische Untersuchungen ⁶⁷⁾ wurde bewiesen, daß bei Verwendung von kompakten Spänen sogar autogene Knochen absterben. Selbst bei äußerlich gut eingehheilten Knochen konnte SCHEIER ⁶⁷⁾ zeigen, daß die Osteozytenhöhlen in weiten Bezirken nicht von lebenden Zellen bewohnt waren. Die eigentliche Osteogenese erfolgt erst danach durch Gefäßeinsprossung ins Transplantat, wobei TRUETA ⁷⁸⁾ annimmt, daß sich die Osteozyten aus den Gefäßendothelzellen bilden.

Wenngleich für diese Arbeit keine eigenen histologischen Befunde vorlagen, so ist doch anzunehmen, daß der Abbau solcher Bezirke, die durch die Antigen-Antikörper-Reaktion abgetötet waren, zu der hier beobachteten Resorption führte.

Pseudarthrosen (Umbauzonen): Auch die Pseudarthrosen sind auf derartige Umbauvorgänge zurückzuführen. Wenn die Lebens- und damit die Widerstandsfähigkeit des Transplantats gemindert ist, kann es die Belastung durch die aufgerichtete Wirbelsäule nicht halten und es kommt zum Bruch der Versteifung.

Das schließt aber nicht aus, daß es danach zu einem erneuten Verwachsen der Knochenbrücke unter Fixierung des Korrekturverlustes kommt. Dieser Vorgang konnte hier in drei Fällen sicher nachgewiesen werden.

Die genaue Erkennung derartiger Umbauzonen und die Entscheidung, ob es sich um eine Pseudarthrose handelt, gestaltet sich oftmals sehr schwierig. Deshalb sind die in der Literatur angegebenen Zahlen über die Häufigkeit der Pseudarthrosen nur unter diesem Vorbehalt zu betrachten. So schwanken diese Angaben denn auch beträchtlich: Während JAMES ³⁵⁾ in einer Serie 77 % Pseudarthrosen hat, PONSETI-FRIEDMANN ⁵¹⁾ 68 % und BLOUNT ⁷⁾ 39 %, finden RISSER ⁵⁸⁾, MOE ⁴⁷⁾ und STAGNARA ⁷⁴⁾ 20 - 22 % und CALANDRIELLO ⁹⁾ gar nur 2 %. Die Autoren stimmen jedoch darin überein, daß die Pseudarthrosen die häufigste Ursache für den Korrekturverlust bilden und betrachten sie deshalb meist als Indikation zur Wiederholung der Versteifungsoperation. In zahlreichen Fällen konnte dadurch eine wesentlich bessere Korrektur erzielt werden.

In dem hier vorliegenden Material wurden keine Reoperationen vorgenommen. Pseudarthrosen und Umbauzonen wurden in 16 Fällen (31 %) festgestellt, wobei sogar drei Fälle mit einer doppelten Pseudarthrose beobachtet wurden. Die Bezeichnung dieser Fälle als Pseudarthrose ist dabei schon sehr weit gefaßt, da auch Knochenveränderungen ohne deutliche Biegung mitgezählt wurden. Daher wäre es eigentlich mehr zutreffend, stattdessen die Bezeichnung Umbauzone zu wählen.

Bei der Aufteilung nach der Ätiologie ergibt sich ein erhöhter Anteil für die paralytischen Fälle (42 %), eine Folge des allgemein geschwächten Haltungsapparates. Umgekehrt steigt aber der Anteil der Pseudarthrosen mit zunehmendem Alter (Tab. 4). Das Maximum liegt in den Gruppen über 17 Jahre, wo in 50 % der Fälle eine Pseudarthrose auftrat. Offensichtlich war hier die skoliotische Krümmung bereits derartig fixiert, daß der Korrektur besonders starke Kräfte entgegenwirkten, die zum Bruch der Spondylodesen führten. Diese Kräfte

te müßten dann natürlich proportional zur absoluten praeoperativen Korrektur stärker werden. Tatsächlich kann im gleichen Sinne auch eine größere Häufigkeit der Pseudarthrosen festgestellt werden:

Praeop.Korrektur:	unter 10°	10-19°	20-29°	über 29°
Pseudarthrosen:	-	25 %	42 %	56 %

Auch die Auswertung nach der Spineinheilung (Tab. 10) ergibt bei den Pseudarthrosen mit 23°F sowohl absolut als auch relativ den höchsten Wert für die praeoperative Korrektur (Resorption: 16°F; o.B.: 19,2°F).

Da die Pseudarthrosen letztlich auf mechanische Wirkungen zurückgeführt werden, sollten sie sich auch vorwiegend im Bereich der größten Belastung und Beweglichkeit lokalisieren lassen. Diese Tatsache wird bereits durch Tab. 7 unterstrichen, in der sich der größte Anteil der Pseudarthrosen (63 %) bei den thorakolumbalen Skoliosen antreffen läßt. Dies stimmt mit den Feststellungen anderer Autoren (u.a. MOE⁴⁷⁾) überein. Schlüsselte man die Bruchstellen aber genauer auf, so erkennt man, daß von insgesamt 19 Stellen (drei Fälle waren doppelte Pseudarthrosen) 16 (84 %) zwischen dem 10. Thorakal- und dem 2. Lumbalwirbel liegen.

Auch im vorliegenden Material weisen die Pseudarthrosefälle die größten Korrekturverluste auf (durchschnittlich 18,1°F). Da in diesen Fällen aber vorher die größte praeoperative Korrektur erreicht wurde, verbleibt als Endkorrektur (5,4°F d.h. 9,2 % d. Ausgangskrümmung) immer noch ein größerer Wert als bei den Fällen mit Resorption (0,2°) und mit glatter Spineinheilung (3,2°). Diese Feststellung ist jedoch sehr überraschend, da sie im Widerspruch zu allen übrigen Veröffentlichungen steht; denn sie besagt ja doch, daß Pseudarthrosen gar nicht die entscheidende Ursache schlechter Operationsresultate sein müssen. Zur Erklärung dieses Phänomens kann man nur annehmen, daß bei den hier vorgenommenen Spondylo- desen generell eine zu schwache Versteifung vorlag. In den Fällen, in denen es nicht zu einer direkten Pseudarthrose kam,

war der Versteifungsspan so nachgiebig, daß er sich der zunehmenden Krümmung anpaßte ohne zu brechen. Diese Erscheinung würde etwa dem Begriff der "unreifen Spondylodese" ⁶⁷⁾ bzw. "unreifen Knochen" ⁴¹⁾ oder der "stillen Pseudarthrose" ⁵⁾ entsprechen.

Spondylodesebereich: In der Diskussion der Korrekturverluste wurde bereits darauf hingewiesen, daß neben der zu schwachen Spondylodese auch eine unzureichende Ausdehnung des Versteifungsbezirkes die Ursache schlechter Ergebnisse sein kann. Daher muß hier auch der Spondylodesebereich einer kritischen Prüfung unterzogen werden. Es ist jedoch relativ schwierig, für die Beurteilung dieser Frage feste Maßstäbe zu finden; denn die in der Literatur enthaltenen Ansichten unterscheiden sich je nach Autor und Zeitpunkt der Veröffentlichung beachtlich.

Bereits frühzeitig (1925) hatte SCHEDE ⁶³⁾ die Ansicht vertreten, daß die Versteifung vor allem im lumbalen Bereich vorzunehmen sei. Er glaubte, daß die dadurch bedingte Schwerpunktverlagerung den Patienten zwingt, die dorsale Krümmung selbst zu korrigieren. Auch LANGE ³⁹⁾ hielt die Spondylodese des dorsolumbalen Bereiches für besonders wichtig. Er versteifte den größten Teil der Primärkrümmung: am unteren Ende unter Einschluß der Grenzwirbel, im oberen Teil jedoch oftmals nicht bis zum Krümmungsende. Obwohl er feststellen mußte, daß die röntgenographisch meßbaren Endergebnisse nicht besonders gut waren, fand diese Ansicht in Deutschland weite Verbreitung. Beispielsweise versteiften auch LINDEMANN und MAU ⁴¹⁾ deshalb vor allem den dorsolumbalen Bereich, ohne sich auf die Primärkrümmung zu konzentrieren. Das ist erstaunlich, da doch längst bedeutende Arbeiten amerikanischer Autoren vorlagen, in denen diese Ansichten widerlegt waren ^{28,72)}, und über die auch in Deutschland berichtet wurde ¹⁶⁾. Erst später wurde dieser Irrtum erkannt ⁴¹⁾.

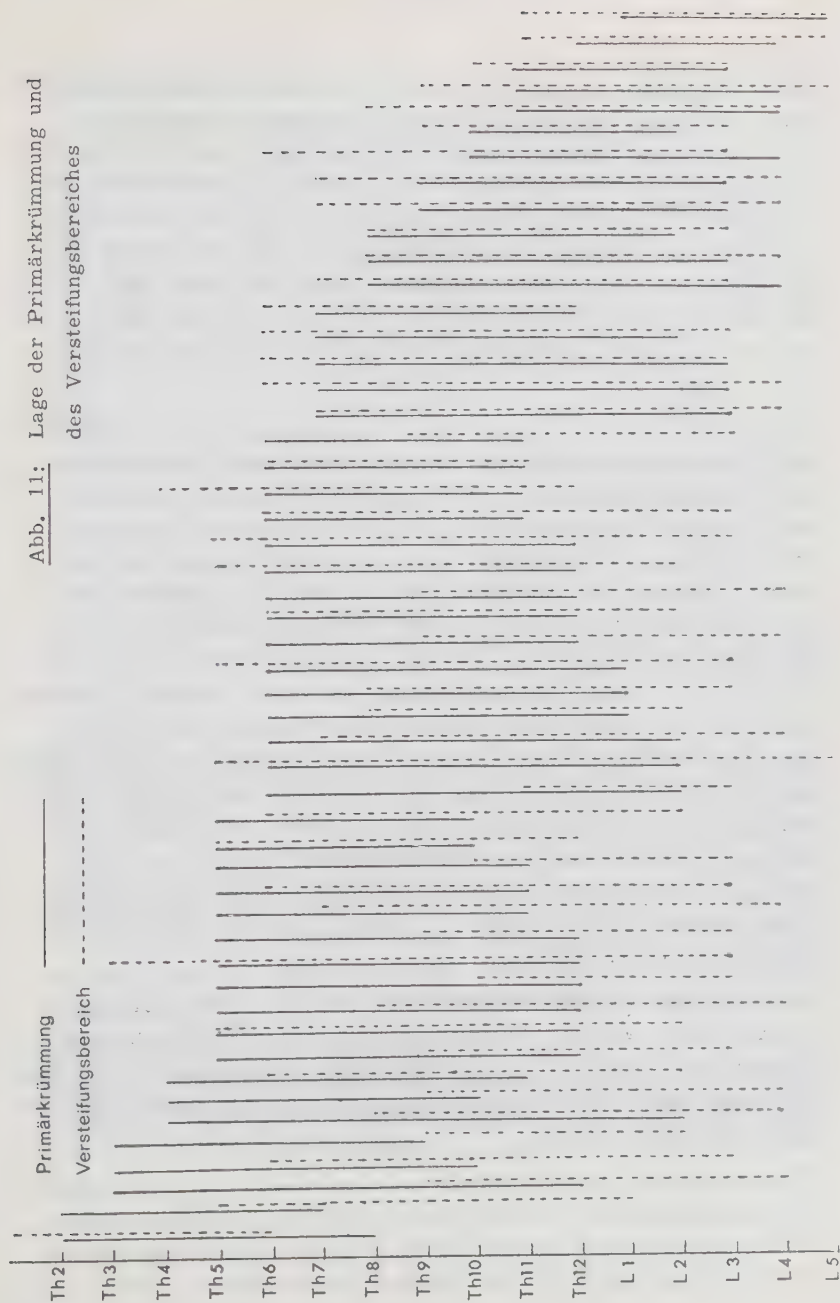
Heute wird allgemein die Ansicht von RISSER akzeptiert, daß der minimale Versteifungsbezirk die ganze Primärkrümmung von

einem Neutralwirbel bis zum anderen einschließen muß. Nach FERGUSON ⁷²⁾ umfaßt das maximale Versteifungsgebiet auch noch Teile der Nebenkrümmungen, bis die Endplatten der begrenzenden Wirbelkörper parallel zueinander stehen. Umstritten ist aber heute noch, wie weit der eigentliche Versteifungsbezirk über den minimalen hinaus ausgedehnt werden soll. Bei paralytischen Skoliosen und bei sehr jungen Patienten sollten kaudal und kranial noch je ein bis maximal drei Wirbel über die Primärkrümmung hinaus versteift werden. Genaue Einzelheiten darüber hat SCHMIDT ⁶⁸⁾ mitgeteilt. In den meisten Fällen wird über die Hauptkrümmung hinaus noch je ein weiterer Wirbel mit versteift. Dabei muß die Wirbelsäule jedoch gut ausbalanciert sein. Eine zu weitgehende Versteifung könnte eventuell zu einer Lordose und zu geringerer Beweglichkeit der Wirbelsäule führen, während die zu geringe Ausdehnung in jedem Fall zu größeren Korrekturverlusten führen muß.

Der genaue Versteifungsbereich muß also sehr gründlich ermittelt und dann gut markiert werden. Letzteres sollte unter Röntgenkontrolle möglichst mit Metallstiften oder Nadeln erfolgen, die subcutan oder bis in die Wirbel eingebracht werden ⁵⁹⁾. Andernfalls ergeben sich immer wieder technische Schwierigkeiten bei der genauen Lokalisierung des vorgesehenen Versteifungsbezirks.

Zur Analyse des hier vorliegenden Materials wird in Abb. 11 von jedem einzelnen Fall die Ausdehnung der Primärkrümmung und des Versteifungsbezirks nebeneinander aufgetragen. Legt man für die Beurteilung den minimalen Versteifungsbereich zugrunde, ohne die Erweiterung in Abhängigkeit vom Alter und von der Ätiologie zu berücksichtigen, so zeigt sich, daß nur bei 26 Patienten (51 %) die ganze Primärkrümmung versteift war. Bei 5 Patienten (10 %) war ein Segment der Primärkrümmung nicht versteift, ebenfalls bei 5 Patienten waren zwei bis maximal fünf Segmente der Hauptkrümmung nicht in den Versteifungsbezirk mit einbezogen worden. In den meisten Fällen

Abb. 11: Lage der Primärkrümmung und
des Versteifungsbereiches



lagen die nicht versteiften Wirbel am kranialen Ende der Primärkrümmung, während der Span am kaudalen Ende häufig noch weit (bis zu vier Segmenten) darüber hinausreichte. Daraus geht hervor, daß auch hier nach den Gesichtspunkten von LANGE ³⁹⁾ operiert wurde, denen zufolge die Versteifung möglichst im lumbalen Bereich liegen sollte, auch wenn damit nicht die volle Primärkrümmung eingeschlossen würde. Das führte sogar so weit, daß in 15 Fällen (29 %) statt der Primär- die Sekundärkrümmung versteift wurde, wenn diese tiefer lag.

Diese Fehler in der Auswahl der Versteifungsbezirke wirkten sich recht deutlich in den Endresultaten aus. Zwar ergaben sich keine Anhaltspunkte dafür, daß bereits ein einziges nicht versteiftes Segment der Primärkrümmung zu schlechteren Ergebnissen führt. Faßt man aber diese Gruppe mit den richtig versteiften zusammen, so beträgt die Endkorrektur hier durchschnittlich 12,2 % der Ausgangskrümmung. Sind jedoch zwei oder mehr Segmente der Primärkrümmung nicht versteift, so besteht das Endresultat in einer Verschlechterung um 0,4 %. In den Fällen, in denen die Spondylodese in die Sekundärkrümmung gelegt wurde, verschlimmerte sich der Krümmungswinkel um durchschnittlich 3,3 % der Ausgangskrümmung, während die Sekundärkrümmung um 1,4 % gebessert wurde. Im Gegensatz dazu stimmte in der Gesamtheit der Fälle, in denen eine nennenswerte Sekundärkrümmung festgestellt wurde, deren relative Endkorrektur (8 %) gut mit dem Wert der Primärkrümmung (7 %) überein.

Die Länge des Versteifungsgebietes reichte über vier bis maximal zwölf Wirbel. In den meisten Fällen (76 %) betrug der Bereich sechs bis neun Wirbel. Ein Zusammenhang zwischen der Länge des Versteifungsbezirks und dem Endergebnis konnte nicht gefunden werden.

Endkorrektur

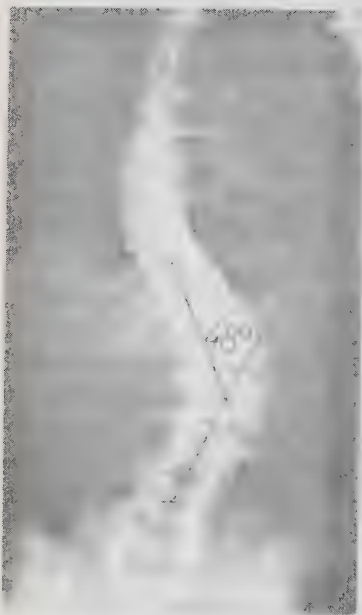
Die durchschnittliche Endkorrektur betrug nur $3,1^{\circ}\text{F}$ (5,7 % der Ausgangskrümmung). Das schlechteste Ergebnis trat bei dem bereits geschilderten Fall einer Fistelbildung auf, bei dem es zu einer Verschlechterung um 18° (51 %) kam. Die maximale Korrektur betrug 29°F (32 %). Während bei den Jungen im Durchschnitt noch eine Verschlechterung um $2,0^{\circ}\text{F}$ (4 %) eintrat, konnte bei den Mädchen eine Korrektur um $4,2^{\circ}\text{F}$ (7,6 %) erzielt werden. Eine Aufteilung der einzelnen Fälle nach der relativen Endkorrektur (Tab. 9) zeigt, daß es bei 15 Patienten (29 % aller Fälle) zu einer Verschlimmerung der skoliotischen Krümmung gekommen ist. 16 Fälle wiesen eine Endkorrektur bis zu 10 % auf, während die Korrektur in 20 Fällen (40 %) über 10 % der Ausgangskrümmung betrug.

Als Beispiele für ein relativ gutes (Fall Nr. 20) und ein relativ schlechtes Endergebnis (Fall Nr. 47) werden die Röntgenbilder und Fotografien zweier Patienten vor und nach der Behandlung in den Abbildungen 12 und 13 wiedergegeben.

Aus Tab. 9 geht hervor, daß das Durchschnittsalter mit zunehmender Endkorrektur steigt. Dieser Befund wird auch bei der Auswertung nach dem RISSER-Zeichen bestätigt: Je mehr sich das Skelettwachstum dem Ende nähert, desto besser sind die Endkorrekturen. Das recht niedrige Durchschnittsalter wird deshalb wohl auch die wichtigste Ursache der geringen Endkorrektur bei Mißbildungsskoliosen sein. Diese Unterschiede sind zwischen idiopathischen und paralytischen Skoliosen unbedeutend.

Die Auswertung nach der Endkorrektur zeigt keine klare Abhängigkeit der Ergebnisse vom Krümmungswinkel vor der Behandlung. Teilt man die Fälle dagegen nach dem Schweregrad auf (Tab. 6), dann ist erkennbar, daß mit steigendem Schweregrad auch die Endkorrektur ansteigt: Die relativen Endkorrekturen sind bei schweren Skoliosen (9,8 %) wesentlich besser als bei leichten (0,6 %). Diese Feststellung steht in gewissem Widerspruch zu den Veröffentlichungen anderer

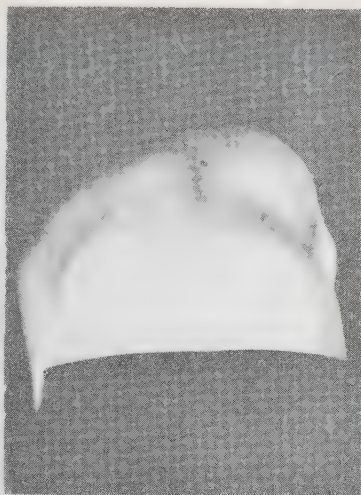
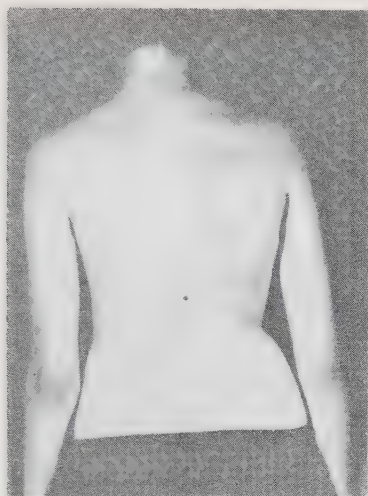
Abb. 12a - d: Röntgenaufnahmen und Fotografien von Fall
Nr. 20 als Beispiel für ein gutes Opera-
tionsergebnis



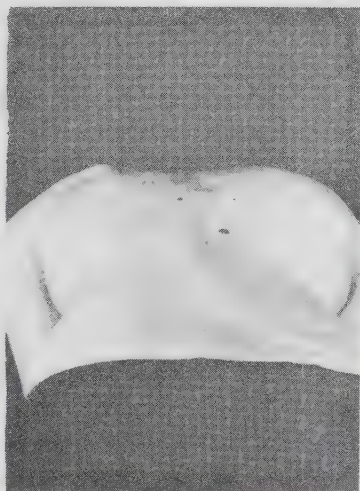
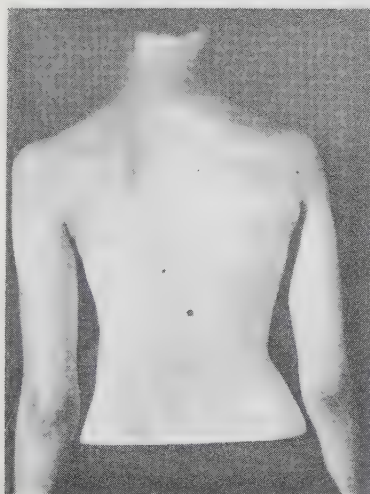
12a: Röntgenaufnahme vor
der Operation



12b: Röntgenaufnahme 8 Jahre
nach der Operation

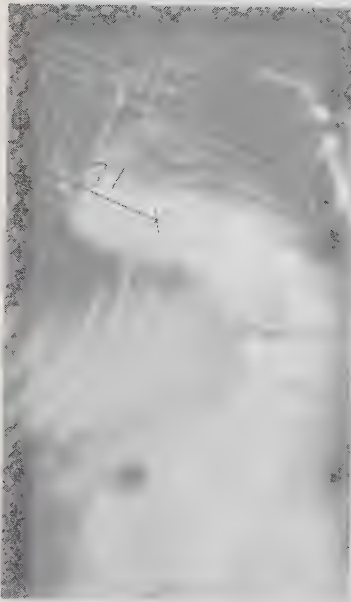


12c: Fotografien vor der Operation



12d: Fotografien nach der Operation

Abb. 13a - d: Röntgenaufnahmen und Fotografien von Fall
Nr. 47 als Beispiel für ein schlechtes
Operationsergebnis

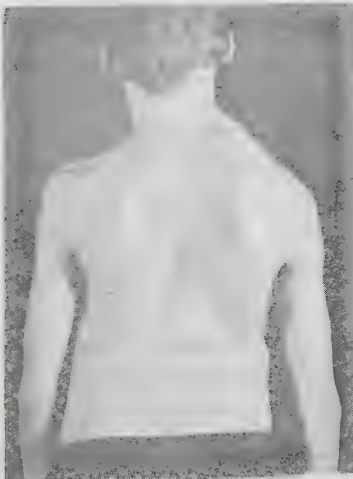


13a: Röntgenaufnahme vor
der Operation

13b: Röntgenaufnahme 9 Jahre
nach der Operation



13c: Fotografien vor der Operation



13d: Fotografien nach der Operation

Autoren, die in den ungünstigen mechanischen Verhältnissen bei starkem Krümmungswinkel eine der wesentlichsten Ursachen der schlechteren Ergebnisse sehen.

Besonders auffallend ist die Tatsache, daß die lumbalen Skoliosen sowohl absolut ($6,2^{\circ}\text{F}$) als auch prozentual (15 %) eine überdurchschnittlich gute Endkorrektur aufweisen. Das kann nur in Zusammenhang mit dem Versteifungsgebiet gesehen werden, das zumeist weit in den lumbalen Bereich gelegt wurde.

Ein Vergleich der Endresultate mit den Angaben anderer Autoren läßt erkennen, daß die Operationsergebnisse hier relativ ungünstig ausgefallen sind, wenngleich an dieser Stelle nochmals auf die bereits oben geäußerten Bedenken gegen einen solchen Vergleich hinzuweisen ist. Beispielsweise betrugen die Korrekturen bei JONSSON ³⁵⁾ durchschnittlich 40 %, bei MOE ⁴⁷⁾ 35 %, bei SCHEIER ⁶⁷⁾ 28 und 40 %, bei BLOUNT ⁷⁾ 28 % und bei STAGNARA ⁷⁴⁾ 19 %.

Es muß jedoch beachtet werden, daß bei dieser Auswertung der Operationsresultate klinische und kosmetische Gesichtspunkte nicht mit erfaßt worden sind, obwohl deren Bedeutung ebenfalls sehr hoch einzuschätzen ist und auch in anderen Arbeiten ^{32,41,45)} immer wieder betont wurde. Das ist vor allem auf die Schwierigkeiten einer objektiven Bewertung dieser Kriterien zurückzuführen. Aber gerade die kosmetische Korrektur durch die Operation wird von den - überwiegend weiblichen - Patienten als überhaupt entscheidendes Resultat angesehen.

Auch bei den hiesigen Untersuchungen ergab ein Vergleich mit den praeoperativen Fotografien meist eine deutliche Besserung des äußeren Erscheinungsbildes. Vor allem der Rippenbuckel konnte fast stets beseitigt oder doch erheblich vermindert werden. Auf den beigefügten Fotografien (Abb.12/13) ist das recht anschaulich zu erkennen. Daher verwundert es nicht, daß fast alle Patienten ihre Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis äußerten.

Zusammenfassung

In einem kurzen historischen Rückblick werden die wichtigsten Formen der operativen Skoliosebehandlung aufgeführt und mit zahlreichen Literaturzitaten belegt. Es wird gezeigt, daß die Versteifungsoperation der Wirbelsäule heute die Methode der Wahl darstellt. Die beiden grundlegenden Operationstechniken nach ALBEE und HIBBS werden gegenübergestellt.

In der darauffolgenden Beschreibung der Skoliosen und ihrer Untersuchungsmethoden werden die wichtigsten Techniken und Maßstäbe beschrieben, die für die Beurteilung der Erkrankung und der Behandlungsergebnisse bedeutsam sind. Dabei wird vor allem die Auswertung der Röntgenaufnahmen und ihre Ausmessung nach FERGUSON und COBB erläutert. Die Einteilung der Skoliosen nach verschiedenen Gesichtspunkten enthält gleichzeitig die Definition der wesentlichen Begriffe zur Beurteilung der Skoliosen.

Die Behandlung der Skoliosen im Oskar-Helene-Heim erfolgte zunächst durch eine Vorbehandlung mittels DUCROQUET-Korsett und Umkrümmungsquengelgips bzw. Localizer-Gips. Die eigentliche Versteifungsoperation wurde nach einer modifizierten ALBEE-Technik vorgenommen, bei der ein biegsamer "ERTL-Span" aus der Tibia unter Verwendung von heterogenem Knochenmaterial paraspinös angelagert wurde. Zusätzlich wurden die kleinen Wirbelgelenke etwas angefrischt. Nach der Operation blieben die Patienten durchschnittlich sechs Monate im Gipskorsett und anschließend noch 6-12 Monate in einem HESSING-Korsett.

Von insgesamt 102 Patienten, die in den Jahren von 1954-64 im Oskar-Helene-Heim operiert wurden, konnten 51 in einer Nachuntersuchung erfaßt werden. Auf Grund dieser Nachuntersuchungen, der Auswertung der Krankengeschichten und der Ausmessung von rund 500 Röntgenbildern nach der Methode von FERGUSON wurden objektive Untersuchungsergebnisse zusammengestellt. Im Vordergrund stand dabei die Verfolgung des Krümmungswinkels, die in den Verlaufskurven auch graphisch

dargestellt wurde. Diese Untersuchungsergebnisse wurden dann nach acht verschiedenen Kriterien statistisch ausgewertet.

In der Diskussion der Untersuchungsergebnisse, die laufend mit den Ergebnissen anderer Autoren verglichen werden, erfolgt zunächst eine Aufschlüsselung der Patienten nach Ätiologie, Alter, Schweregrad und Höhe der Primärkrümmung. Um die Wirksamkeit der Vorbehandlung zu analysieren, wurde die Verkürzung durch die skoliotische Krümmung (maximal etwa 15 cm) mit der Extension durch das DUCROQUET-Korsett (maximal 10 cm) verglichen. Es zeigte sich, daß die leichten Skoliosen zu stark aufgerichtet waren, während die Korrektur der schweren Skoliosen noch zu gering war. Diese Aussage wird durch die Betrachtung der praeoperativen Korrektur des Krümmungswinkels bestätigt. Ist sie - wie bei den leichten Skoliosen - übermäßig groß, so bewirkt sie nur eine Zunahme der Korrekturverluste, nicht aber der Endkorrektur. Als Optimum und gleichzeitig als Durchschnitt aller Fälle wird hier für die relative praeoperative Korrektur ein Wert von 37 % ermittelt. An Hand der Daten wird bewiesen, daß die Wirksamkeit der Vorbehandlung mit zunehmendem Alter nicht fällt, sondern - speziell beim DUCROQUET-Korsett - sogar noch ansteigt.

Die späteren Verluste dieser praeoperativen Korrektur lagen hier relativ hoch (84 %), vor allem bei den jüngeren Patienten und den leichteren Skoliosen. Um die Ursachen dieses Verlustes zu bestimmen, wird er unterteilt in den Halteverlust, den freien Verlust und den Spätverlust, die gesondert betrachtet werden. Im Gegensatz zu bisherigen Ansichten wird dabei gezeigt, daß auch die Spätverluste noch ein beträchtliches Ausmaß erreichen können (in 11 Fällen mehr als 11 % der Ausgangskrümmung).

Die wichtigsten Ursachen der großen Korrekturverluste liegen in einer Schwäche der Versteifung. Es wird darauf hingewiesen, daß die Verwendung heterogener Bankknochen zu Antigen-Antikörper-Reaktionen führt und daß es dadurch zu Umbauzonen

(Pseudarthrosen, 31 % der Fälle) und Abbauzonen (Resorption, 20 % der Fälle) kommt. Da die Endkorrektur bei den Pseudarthrosen ($5,4^{\circ}$) aber noch besser ist als bei normaler Spineinheilung ($3,2^{\circ}$), ist in den Fällen ohne Befund eine allgemeine Schwäche des Versteifungsspanns anzunehmen. Auf Grund ähnlicher Erkenntnisse wird von anderen Autoren heute überwiegend die Operationsmethode von HIBBS empfohlen, wobei der sorgfältigen Entknorpelung der kleinen Wirbelgelenke und der Verwendung von autogenem Knochenmaterial besondere Bedeutung beigemessen wird.

Schließlich wird auch noch gezeigt, daß der Versteifungsbereich hier vorwiegend in den dorsolumbalen Abschnitt gelegt wurde und in vielen Fällen nicht die ganze Primärkrümmung einschloß.

Als Endresultat wurde eine durchschnittliche Korrektur um $3,1^{\circ}$ F (5,7 % der Ausgangskrümmung) erreicht. In 20 Fällen konnte eine Endkorrektur um mehr als 10 % erzielt werden, in 16 Fällen um weniger als 10 %. Bei 15 Patienten kam es zu einer Verschlimmerung des Krümmungswinkels.

Literaturverzeichnis

- 1) ABBOTT, E.G.: Simple, Rapid and Complete Reduction of Deformity in Fixed Lateral Curvature of the Spine. N.Y.Med.J. 93 (1911) 1217
- 2) ALBEE, F.: Transplantation of a Portion of the Tibia into the Spine for POTT'S Disease. J.Amer.med.Ass. 57 (1911) 885
- 3) ALLAN, M.F.G.: Operative Correction in Scoliosis. Int.Ges.Orthop.u.Traumat., Bern 1954, 170; Liliens, Brüssel (1955)
- 4) BERTRAND, P.: A propos de trois traitements nouveaux de la scoliose. Rev.Orthop. 39 (1953) 590
- 5) BLENCKE, A.: Skoliosenstatistik auf Grund der Untersuchungen der Magdeburger Schulkinder. Verh.Dtsch. Orthop.Ges. 21 (1926) 113
- 6) BLOUNT, W.P., SCHMIDT, A.C.: Das Milwaukee-Korsett. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 41 (1953) 221
- 7) BLOUNT, W.P., SCHMIDT, A.C., KEEVER, D.: The Milwaukee Brace in the Operative Treatment of Scoliosis. J.Bone Jt.Surg. 40-A (1958) 511
- 8) BRUNNER, A.: Die Diagnose der Pleuraschwarte und ihre Bedeutung für die Chirurgie. Helv.med.acta 1 (1934) 306
- 9) CALANDRIELLO, B.: Erfahrungen bei der operativen Behandlung der Skoliose. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 50 (1962) 78
- 10) COBB, J.R.: Outline for the Study of Scoliosis. Amer. Acad.Orthop.Surg. Instr.Course Lect. 5 (1948) 261
- 11) COTREL, Y., MOREL, G.: La technique de l'E.D.F. dans la correction des scolioses. Rev.Chir.orthop. 50 (1964) 59
- 12) DONALDSON, J., ENGH, O.A.: Correction of Scoliosis by Distractor-Apparatus. J.Bone Jt.Surg. 20-A (1938) 405
- 13) FARREL, B.P.: HIBBS Osteoplastic Operation for POTT'S Disease. J.Amer.med.Ass. 64 (1915) 398
- 14) FERGUSON, A.B.: The Study and Treatment of Scoliosis. South med.J. 23 (1930) 116

- 15) FORBES, A.M.: Technique of an Operation for Spinal Fusion as Practised in Montreal. J.Orthop.Surg. 2 (1920) 509
- 16) FREDENHAGEN, H.: Zur Betrachtung der idiopathischen Skoliose. Z.Orthop. 79 (1950) 476
- 17) FREY, E.K.: Die Entstehung der Dorsalskoliosen und Möglichkeiten ihrer chirurgischen Behandlung. Dtsch. Zschr.Chir. 169 (1922) 13
- 18) GALLOWAY, H.P.H.: The Treatment of Paralytic Scoliosis by Bone-Grafting. Amer.J.Orthop.Surg. 12 (1914) 253
- 19) GOLDSTEIN, L.A.: Results in the Treatment of Scoliosis with Turnbuckle Plaster Cast Correction and Fusion. J.Bone Jt.Surg. 41-A (1959) 321
- 20) GRUCA, A.: Zur Skoliosenbehandlung nach LOEFFLER, Zbl. Chir. 52 (1925) 2761
- 21) GRUCA, A.: The Pathogenesis and Treatment of Idiopathic Scoliosis. J.Bone Jt.Surg. 40-A (1958) 70
- 22) GRUCA, A.: Unsere Erfahrungen mit der Muskelalloplastik bei Skoliosen. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 50 (1962) 91
- 23) GUERIN, J.: Lettre sur le traitement des déviations latérales de l'épine par la sections sous-cutanée des muscles du dos et de la colonne vertébrale. Gaz.méd. Paris 7 (1839) 403, 462
- 24) HANAUSEK, J.: Etude expérimental et expériences cliniques sur un nouveau traitement opératoire des courbures de la colonne vertébrale. Arch.franco-belg.chir. 27 (1924) 970
- 25) HARRINGTON, P.L.: Treatment of Scoliosis. Correction and Internal Fixation by Spine Instrumentation. J.Bone Jt.Surg. 44-A (1962) 591
- 26) HENLE, A.: Versteifung der Wirbelsäule durch Knochen-transplantation. Verh.Dtsch.Ges.Chir. 1911, 118
- 27) HIBBS, R.A.: An Operation for Progressive Spinaldeformities. N.Y.Med.J. 93 (1911) 1013
- 28) HIBBS, R.A., RISSER, J., FERGUSON, A.: Scoliosis Treated by the Fusion Operation. An End Result Study of Three Hundred and Sixty Cases. J.Bone Jt.Surg. 13 (1931) 91

- 29) HODGSON, A.R.: Correction of Fixed Spinal Curves. J.Bone Jt.Surg. 47-A (1965) 1289
- 30) HODGSON, A.R.: Medical Tribune 1968 Nr. 50, S.29
- 31) HOKE, M.: A Study of a Case of Lateral Curvature of the Spine. Amer.J.Orthop.Surg. 1 (1903) 168
- 32) HUBER, H.J.: Ergebnisse der Skolioseoperationen. Verh. Dtsch.Orthop.Ges. 97 (1962) 35
- 33) IDELBERGER, K.H.: Zur Frage der operativen Behandlung der Skoliose. Arch.orthop.Chir. 44 (1950) 313
- 34) JAMES, J.I.P.: Idiopathic Scoliosis. J.Bone Jt.Surg. 36-B (1954) 36
- 35) JAMES, J.I.P.: Correction and Fusion for Scoliosis. J.Bone Jt.Surg. 47-B (1965) 587
- 36) JENTSCHURA, G., MARQUARDT, E.: Ursachen und Bedeutung lockerer Haltungsfehler im Kindesalter. Dtsch.med. Wschr. 82 (1957) 1991
- 37) JENTSCHURA, G.: Klinik der Skoliose; in: Handbuch der Orthopädie, Bd.II S.237; Stuttgart 1958
- 38) JONSSON, B.: Studies on HIBBS Spine Fusion in the Treatment of Scoliosis. Acta orthop.scand.Suppl. 14 (1953)
- 39) LANGE, M.: Zum Problem der operativen Behandlung der Skoliose. Z.Orthop. 81 (1952) 179
- 40) LANGE, M.: Die operative Behandlung der Skoliose. Z.Orthop. 88 (1957) 41
- 41) LINDEMANN, K., MAU, H.: Die Behandlung der Skoliose; in: Handbuch der Orthopädie, Bd.II S.278; Stuttgart 1958
- 42) LOEFFLER, F.: Tenotomie der langen Rückenstrecker auf der Rückenbuckelseite bei Skoliosen. Zbl.Chir. 51 (1924) 828
- 43) MASS, H.: Operative Behandlung schwerer Skoliosen. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 13 (1914) 367
- 44) MARINO-ZUCO, C.: Skoliose. Int.Ges.Orthop.u.Traumat., Bern 1954, 194; Liliens, Brüssel (1955)
- 45) MAU, H.: Zur Beurteilung von Behandlungsmethoden und -ergebnissen bei Skolioseoperationen. Z.Orthop. 97 (1963) 164
- 46) MOE, J.H.: Critical Analysis of Methods of Fusion for Scoliosis. J.Bone Jt.Surg. 40-A (1958) 529

- 47) MOE, J.H., GUSTILO, R.B.: Treatment of Scoliosis. J.Bone Jt.Surg. 46-A (1964) 293
- 48) MOE, J.H., TAMBORINO, J.M., ARMBRUST, E.N.: HARRINGTON Instrumentation in Correction of Scoliosis. J.Bone Jt. Surg. 46-A (1964) 313
- 49) NACHLAS, W.L., BORDEN, J.N.: The Cure of Experimental Scoliosis by Directed Growth Control. J.Bone Jt.Surg. 33-A (1951) 24
- 50) PLAGEMANN, H.: Eine neue Skoliosenoperation. Zbl.Chir. 52 (1925) 2528, 2539
- 51) PONSETI, I.V., FRIEDMANN, B.: Prognosis in Idiopathic Scoliosis. J.Bone Jt.Surg. 32-A (1950) 381
- 52) PORT, K.: Die Entwicklung der skoliotischen Wirbelsäule. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 20 (1925) 179
- 53) RATHKE, F.W.: Spezielle Pathogenese der Skoliose; in: Handbuch der Orthopädie, Bd.II S.188; Stuttgart 1958
- 54) Research Committee of the Amer. Orthop. Ass.: End-Result Study of the Treatment of Idiopathic Scoliosis. J.Bone Jt. Surg. 23-A (1941) 963
- 55) RIPPSTEIN, J., GEORGE, K.: A Comparative Study of Two Popular Methods of Measuring of Scoliotic Deformity of the Spine. J.Bone Jt.Surg. 43-A (1961) 809
- 56) RISSER, J.C.: Important Practical Facts in the Treatment of Scoliosis. Amer. Acad.Orthop.Surg. Instr.Course Lect. 5 (1948) 248
- 57) RISSER, J.C., LAUDER, C.H., NORQUIST, D.M., CRAIG, A.: Three Types of Body Casts. Amer.Acad.Orthop.Surg. Instr. Course Lect. 10 (1953) 131
- 58) RISSER, J.C. NORQUIST, D.M.: Follow-up Study of the Treatment of Scoliosis. J.Bone Jt.Surg. 40-A (1958) 555
- 59) RISSER, J.C.: Scoliosis, J.Bone Jt.Surg. 46-A (1964) 164
- 60) ROAF, R.; Wege Resection for Scoliosis. J.Bone Jt.Surg. 37-B (1955) 97
- 61) ROAF, R.: The Treatment of Progressive Scoliosis by Unilateral Growth Arrest. J.Bone Jt.Surg. 42-B (1963) 637
- 62) SAUERBRUCH, F.: Überlegungen zur operativen Behandlung schwerer Skoliosen. Arch.klin.Chir. 118 (1921) 550
- 63) SCHEDE, F.: Die Operation der Skoliose. Z.orthop.Chir. 46 (1925) 79

- 64) SCHEDE, F.: Zur Operation der Skoliose. Arch.klin.Chir. 172 (1933) 775
- 65) SCHEDE, F.: Die Ergebnisse der Skoliosenbekämpfung an der Orthopädischen Klinik Leipzig auf Grund 15-jähriger Erfahrung. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 33 (1938) 310
- 66) SCHEPELMANN, E.: Skoliosenbehandlung. Arch.orthop.Chir. 23 (1925) 337
- 67) SCHEIER, H.: Prognose und Behandlung der Skoliose. Stuttgart 1967
- 68) SCHMIDT, A.C.: Grundlegendes über die Skoliosen und ihre Behandlung. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 41 (1953) 195
- 69) SCHULTHESS, W.: Über die Prädilektionsstellen der skoliotischen Abbiegungen an der Wirbelsäule nach Beobachtung an 1140 Skoliosen Z.orthop.Chir. 10 (1902) 733
- 70) SCHULTHESS, W.: Die Pathologie und Therapie der Rückgratsverkrümmungen; in: Handbuch der orthop. Chirurgie, Bd. 1/2; Jena 1905 - 07
- 71) SHANDS, A.R., EISBERG, H.B.: The Incidence of Scoliosis in the State of Delaware. J.Bone Jt.Surg. 37-A (1955) 1243
- 72) SMITH, A.D., BUTTE, F., FERGUSON, A.: Treatment of Scoliosis by the Wedging Jacket and Spine Fusion. A Review of 265 Cases. J.Bone Jt.Surg. 20 (1938) 825
- 73) STAGNARA, P., QUENEAU, P.: Scolioses évolutives en période de croissance. Rev.Chir.orthop. 39 (1953) 378
- 74) STAGNARA, P., DESBROSSES, J.: Scolioses essentielles pendant l'enfance et l'adolescence. Rev.Chir.orthop. 46 (1960) 562
- 75) STRACKER, O.: Skoliosen. Int.Ges.Orthop.u.Traumat., Bern 1954, 165; Liliens, Brüssel (1955)
- 76) STUART und STEVENSON, in: Documenta Geigy - Wissenschaftliche Tabellen. 6.Aufl. S.583; Geigy-A.G. (1960)
- 77) TROJAN, E.: Eine neue Methode der Skoliosenbehandlung nach Dr.Robert DUCROQUET, Paris, Z.Orthop. 83 (1952) 64
- 78) TRUETA, J.: The Role of the Vessels in Osteogenesis. J.Bone Jt.Surg. 45-B (1963) 402
- 79) VOLKMANN, R.v.: Resektion von Rippenstücken bei Skoliosen. Berl.klin.Wschr. 26 (1889) 1097
- 80) WITTEK, A.: Operative Behandlungsversuche der Skoliose. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 17 (1922) 226

Lebenslauf

Am 17. Februar 1939 wurde ich als Tochter des Tischlermeisters Fritz Vogel und seiner Ehefrau Johanna, geb. Schlie, in Burg bei Magdeburg geboren. 1945 wurde ich in die Burger Grundschule eingeschult, die ich nach acht Jahren mit bestandener Abschlußprüfung verließ. Von 1953 bis 1957 besuchte ich die Geschwister-Scholl-Oberschule in Burg und bestand dort 1957 die Reifeprüfung. Meine Bewerbung zum Medizinstudium an der Universität Jena wurde abgelehnt. Deshalb arbeitete ich zunächst als Praktikantin im Kreiskrankenhaus Burg.

Nach dem Ablegen einer Ergänzungsprüfung zum Abitur wurde ich im Oktober 1958 an der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Während meines klinischen Studiums absolvierte ich zwei Semester an der Christian-Albrecht-Universität in Kiel. Am 14. Mai 1965 bestand ich das medizinische Staatsexamen an der Freien Universität Berlin.

Meine Medizinalassistentenzeit leistete ich in Berlin im Städtischen Behring-Krankenhaus, in der Orthopädischen Universitätsklinik im Oskar-Helene-Heim und im Städtischen Krankenhaus am Mariendorfer Weg ab. Am 31. Mai 1967 erhielt ich meine Bestallung als Arzt. Seit dem 1. Juli des gleichen Jahres bin ich im Städtischen Behring-Krankenhaus als Assistenzärztin tätig.

Seit dem 18. Februar 1965 bin ich mit dem Diplom-Chemiker Dr. Hans Beck verheiratet.

